

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

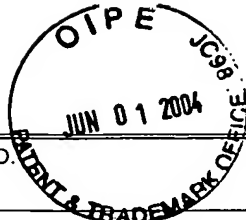
Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

Form PTO 1449
(Modified)U.S. DEPARTMENT OF COMMERCE
PATENT AND TRADEMARK OFFICE

ATTY DOCKET NO.

215473US0

SERIAL NO.

10/029,265

LIST OF REFERENCES CITED BY APPLICANT

APPLICANT

Klaus SCHULTES, et al.

FILING DATE

December 28, 2001

GROUP

U.S. PATENT DOCUMENTS

EXAMINER INITIAL		DOCUMENT NUMBER	DATE	NAME	CLASS	SUB CLASS	FILING DATE IF APPROPRIATE
	AA	6,355,712	03/12/02	SCHULTES, et al.			
	AB						
	AC						
	AD						
	AE						
	AF						
	AG						
	AH						
	AI						
	AJ						
	AK						
	AL						
	AM						
	AN						

FOREIGN PATENT DOCUMENTS

		DOCUMENT NUMBER	DATE	COUNTRY	TRANSLATION	
					YES	NO
	AO					
	AP					
	AQ					
	AR					
	AS					
	AT					
	AU					
	AV					

OTHER REFERENCES (Including Author, Title, Date, Pertinent Pages, etc.)

	AW	
	AX	
	AY	
	AZ	

☐ Additional References sheet(s) attached

Examiner

Date Considered

*Examiner: Initial if reference is considered, whether or not citation is in conformance with MPEP 609; Draw line through citation if not in conformance and not considered. Include copy of this form with next communication to applicant.

COPY

RÖMPP

LEXIKON

Chemie

10., völlig überarbeitete Auflage

Herausgeber

Prof. Dr. Jürgen Falbe
Prof. Dr. Manfred Regitz

Bearbeitet von

Dr. Eckard Amelingmeier
Dr. Michael Berger
Dr. Uwe Bergsträßer
Prof. Dr. Alfred Blume
Prof. Dr. Henning Bockhorn
Prof. Dr. Peter Botschwina
Dr. Jörg Falbe
Dr. Jürgen Fink
Dr. Hans-Jochen Foth
Dr. Burkhard Fugmann
Prof. Dr. Susanne Grabley
Dr. Ubbo Gramberg
Dr. Herta Hartmann
Prof. Dr. Hermann G. Hauthal
PD Dr. Hans-Wolfgang Helb
Dr. Heinrich Heydt
Dr. Claudia Hinze
Dr. Kurt Hussong
Cornelia Imming

PD Dr. Peter Imming
Dr. Martin Jäger
Dr. Margot Janzen
Prof. Dr. Claus Klingshirn
Dr. Herbert Lamp
Dr. Susanne Lang-Fugmann
Dr. Michael Lindemann
Dr. Gisela Lück
Dr. Thomas Neumann
Dr. Gustav Penzlin
Dr. Reinhard Philipp
Dr. Matthias Rehahn
Dr. Karsten Schepelmann
PD Dr. Eberhard Schweda
Prof. Dr. Helmut Sitzmann
PD Dr. Ralf Thiericke
Dr. Christa Wagner-Klemmer
Dr. Bernd Weber
Dr. Gotthelf Wolmershäuser

Bibliothek

7 C 544

130521

RÖHM GMBH
Chemische Fabrik
D-64275 Darmstadt

(zus. 6 Bände)



Georg Thieme Verlag
Stuttgart · New York

Redaktion:

Dr. Martina Bach
Ute Rohlf
Dr. Barbara Frunder
Dr. Susanne Dieterich
Georg Thieme Verlag
Rüdigerstraße 14
70469 Stuttgart

Übersetzungen:

Karina Gobbato
Jean-Louis Servant
Dr. Salvatore Venneri

Zolltarif-Codenummern:

Karl Kettner

Grafik:

Hanne Haeusler
Kornelia Wagenblast
Ruth Hammelehle

Einbandgestaltung: Dominique Loenicker

Die Deutsche Bibliothek – CIP-Einheitsaufnahme

Römp-Lexikon Chemie / Hrsg.: Jürgen Falbe ;
Manfred Regitz. Bearb. von Eckard Amelingmeier ... –
Stuttgart ; New York : Thieme.

9. Aufl. u.d.T.: Römp-Chemie-Lexikon
Bd. 4. M-Pk / [Red.: Martina Bach ... Übers.:
Karina Gobbato ...]. – 10., völlig überarb. Aufl. – 1998

1.–5. Auflage (1947–1962) Dr. H. Römp
6. Auflage (1966) Dr. E. Uhlein
7. u. 8. Auflage (1972/1979) Dr. O.-A. Neumüller
9. Auflage (1992) Prof. Dr. J. Falbe u. Prof. Dr. M. Regitz

© 1998 Georg Thieme Verlag
Rüdigerstraße 14, D-70469 Stuttgart
Printed in Germany

Gesamtherstellung:
Konrad Triltsch GmbH
Graphischer Betrieb, Würzburg

Gedruckt auf Permaplan, archivierfähiges Werkdruck-
papier aus chlorfrei gebleichtem Zellstoff von Gebrüder
Buhl Papierfabriken, Ettlingen.

ISBN 3-13-734910-9 (Band 4)
ISBN 3-13-107830-8 (Band 1–6)

In diesem Lexikon sind zahlreiche Gebrauchs- und
Handelsnamen, Marken, Firmenbezeichnungen
sowie Angaben zu Vereinen und Verbänden, DIN-
Vorschriften, Codenummern des Zolltarifs, MAK- und
TRK-Werten, Gefahrklassen, Patenten, Herstellungs-
und Anwendungsverfahren aufgeführt. Alle Angaben
erfolgten nach bestem Wissen und Gewissen.
Herausgeber und Verlag machen ausdrücklich darauf
aufmerksam, daß vor deren gewerblicher Nutzung
in jedem Falle die Rechtslage sorgfältig geprüft werden
muß.

Das Werk, einschließlich aller seiner Teile, ist
urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung
außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes
ist ohne Zustimmung des Verlages unzulässig und
strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen,
Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung
und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

1 2 3 4 5 6

V

Alphal

Im Rö-
Stichw
d.h. U
chisch
schriel
Rh, RI
ähnlic
Einord
primär
schen
überga
tho), M
innerh
bei der
unbert

Schre

Als Sc
derzeit
lichste
der er
nach u
und E-

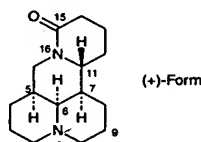
Abkür

Die in
entha
treffen
Stichw
als Al
(also e
(z.B. "
„isch“
setzt w

Marke

Im Ch
nach b
geken
nicht
zeichn
schutz
daher
kehrt l
ner Be
rechte
Die 10
quelle
ten- u
lien be
lenver

Matrin (Matridin-15-on, Lupanidin).



$C_{15}H_{24}N_2O$, M_R 248,36, Krist., Schmp. 77°C (als Hydrobromid 272–275°C), $[\alpha]_D^{15} +40,9^\circ$ (H₂O). *Chinolizidin-Alkaloid aus 4 Fabaceen-Gattungen (*Euchresta*, *Goebelia*, *Sophora*, *Vexibia*; Schmetterlingsblütler) mit antiulceröser, antineoplast. u. antibakterieller Wirkung. Das M.-Gerüst enthält vier chirale C-Atome, wodurch acht verschiedene Diastereoisomere resultieren. Hiervon sind sechs bekannt, vier als natürliche Alkaloide: *Sophoridin* (5 β -M.), *Isomatratin* (5 β ,6 β ,7 β -M.), *Allomatratin* (6 β -M.), u. *Darvasamin* (5 β ,11 α -M.), die in der chines. Volksmedizin als *Kuh Seng*- bzw. in der japan. als *Shinkyo-gan*-Droge Verw. finden. Weiterhin sind Matrin-N¹-oxid u. mehrere Hydroxymatraine als Naturstoffe bekannt. – E = F matraine – I = S matraine

Lit.: Beilstein EV 24/2, 301–304 ■ Merck-Index (12.), Nr. 5799. – Biosynth.: Can. J. Chem. 59, 106 (1981). – Synth.: Chem. Pharm. Bull. 34, 2018 (1986) ■ J. Chem. Soc., Chem. Commun. 1986, 905. – [HS 2939 90; CAS 519-02-8 (M.); 16837-52-8 (M.-N¹-oxid); 641-39-4 (Allomatratin); 36284-98-7 (Darvasamin); 17801-36-4 (Isomatratin); 6882-68-4 (Sophoridin)]

Matrix (von latein.: mater = Mutter; Plural: Matrizen). In der Chemie versteht man unter M. das (starre od. hochviskose) Hüllmaterial, das einen anderen (gelösten) Stoff eingeschlossen hält. Beispielsweise können durch Abkühlung erstarrte Lsm. (Benzol, EPA = Gemisch aus Diethylether, Ethanol u. Isopentan), Polymere od. andere im *Glaszustand befindliche Stoffe als M.-Materialien für reaktive Spezies wie *Radikale od. *Ionen dienen; letztere werden, da ihre Reaktionsmöglichkeiten wegen fehlender Diffusionsfähigkeit in der M. eingeschränkt sind (*Käfig-Effekt), in den *erstarrten Medien* (E rigid media) den spektroskop. u. anderen physikal. Untersuchungen zugänglich. Z. B. wird bei der *Matrix-Isolationsspektroskopie* das zu untersuchende Material in einem Festkörper bei sehr niedriger Temp. (wenige Kelvin) eingeschlossen. Viele, chem. aggressive Mol. (*Radikale, *Ionen) konnten so zum ersten Mal spektroskop. untersucht werden. Auch wenn man als Festkörper einen chem. nicht reaktiven Stoff einsetzt, meist ein Edelgas wie Argon, so ist der Einfluß der Matrix auf die Energieniveaus des Mol. zu berücksichtigen (E matrix shift). Von Matrizen spricht man auch bei zellulären Polyurethanen, bei Ionenaustauschern u. Einschlußverb., bei der Immobilisierung von Enzymen etc. für die Affinitätschromatographie u. bei anderen Meth. der Festphasentechnik. Bestimmte Typen von *Bikomponentenfasern bestehen aus in M. eingebetteten Fibrillen (*Matrixfasern*), u. bei Tabl. – insbes. bei Depot-Präp. – wird der Wirkstoff häufig in eine M. eingebettet. An M. im Sinne von „Muster, Urform“ (E template) ist zu denken bei der Desoxyribonucleinsäure sowie bei bestimmten anorgan. Stoffen wie den *Montmorilloniten,

die als evolutionstheoret. bedeutsame Matrizen bei der Polymerisation von Aminosäuren in Frage kommen. *Topotakt. Effekte* (vgl. Topochemie) von M. zeigen sich z. B. auch bei der *Mineralisation von Knochen, Zähnen u. a. Hartsubstanzen in tier. u. menschlichen Geweben, wobei hauptsächlich Collagen u. Proteoglykane als M. fungieren.

Synthet. nützliche M.-Reaktionen sind M.-Polymerisationen, bei denen man makromol. Verb. mit stereoregulärer Struktur synthetisieren kann ^{1,2}. – E matrix – F = I matrize – S matrix

Lit.: ¹Pure Appl. Chem. 53, 627–641 (1981). ²Plaste Kautsch. 29, 563–566 (1982). allg.: Acc. Chem. Res. 14, 138 ff. (1981) ■ Barnes, Matrix Isolation Spectroscopy, Dordrecht: Reidel 1981 ■ Nancollas, Biological Mineralization, Berlin: Springer 1982 ■ Smyth, Analytical Chemistry of Complex Matrices, Stuttgart: Teubner 1996.

Matrix-Fibrillen-Fasern. Zur Herst. von sog. *Bikomponentenfasern durch Naß-, Trocken-, Dispersions- od. Schmelzspinnen werden zwei Spinnlsg. verschiedener Zusammensetzung getrennt der Spinndüse zugeführt u. erst unmittelbar vor der Düsenöffnung vereinigt. Im entstehenden Faden können die beiden Komponenten Seite-an-Seite vorliegen (I), eine Kern-Mantel-Struktur (II) bilden od. eine Matrix-Fibrillen-Struktur (III) besitzen.



In den USA werden die M.-F.-F. als Matrixfasern bezeichnet. – E matrix fibers – F fibres de structure matricielle – I fibre di fibrille a matrice – S fibras matriciales

Lit.: Elias (5.) 2, 512.

Matrixine s. Matrix-Metall-Proteinasen.

Matrix-LCD-Display s. LCD.

Matrix-Metall-Proteinasen (Matrixine, MMP). Familie Struktur-ähnlicher *Metall-Proteasen, die bei Gewebs-Umbau die *extrazelluläre Matrix abbauen. Zu den MMP gehören u. a. die *Collagenasen, Gelatinasen (EC 3.4.24.24 u. 3.4.24.35), *Stromelysine u. *Matrilysin. Gegen unerwünschten Abbau findet einerseits eine Kontrolle ihrer Produktion in den verschiedenen Geweben statt ¹, andererseits sind natürliche Inhibitoren vorhanden ². Darüber hinaus werden die meisten MMP als inaktive Proenzyme entlassen, die erst aktiviert werden müssen ³. Die MMP spielen auch eine Rolle bei Zellwanderung ⁴ u. Tumor-Metastasierung ⁵. Zu therapeut. Zwecken (Tumor, Gelenkskrankheiten usw.) werden synthet. Inhibitoren entwickelt ⁶. – E matrix metalloproteinases – F métalloprotéinases matricielles – I metalloproteinasi della matrice – S metaloproteinase

Lit.: ¹Crit. Rev. Eukaryot. Gene Expr. 6, 391–411 (1995). ²Trends Endocrinol. Metab. 7, 28–34 (1996); J. Protein Chem. 16, 237–255 (1997). ³Biol. Chem. 378, 151–160 (1997). ⁴Science 277, 225–228 (1997). ⁵J. Biochem. 119, 209–215 (1996). ⁶Pharmacol. Ther. 70, 163–182 (1996). allg.: Biopolymers 40, 399–416 (1996) ■ Matrix Biol. 15, 511–541 (1997).

Matrix-Polymerisation. Bez. für Polymerisationen, bei denen die wachsenden Polymerketten an einer festen Unterlage, der Matrix, angebunden sind. Insbes. Biopolymere (*Proteine) werden in der Regel an Ma-

trices aufge-
Polyreaktio-
mol. ident. i
Grundbaust-
masse sind.
perse Polyr-
lymerisatio
matrix poly
– I polime
matricial
Lit.: Elias (5)

Matrizen.
experiment
versteht man
(z. B. reelle
rentiale u. z
geordnet si
Anzahl der
an; für m =
mit M. spie
der quant. /
Analyse vo
wichtige R

Matrizen
geführte D.
der klass.
*Impuls o
werden. W
die M. mit
lenmechan
cul matrici
de matrice:

Matrizenp
nen, die zu
Struktur u.
log. Muste
tern-)Polyr
onsverf. ist
der Bildun
auch zur S
angewandt
(Meth)acry
Vinylpyrid
den nach f

– T – T – T –

die *Monc
gelagert u
merisiert,
wird. Auc
Synth. vor
sern denkt
lymere bis
plate poly
lymerisat
ciale
J
weyl E

Matrix (from Latin: mater = mother; plural = matrices).

In chemistry, matrix is understood as the (rigid or highly viscous) enveloping material that keeps another (dissolved) substance contained. For example, solutions solidified by cooling (benzene, EPA = mixture of diethyl ether, ethanol and isopentane), polymers or other *substances existing in glassy state can be used for reactive species such as *radicals or *ions; the latter are accessible to spectroscopic and other physical examinations in the *solidified media* (or rigid media in English), since their opportunities to react are limited by the lack of ability to diffuse in the matrix (*cage effect). In *matrix isolation spectroscopy*, for example, the material to be examined is enclosed in a solid body at very low temperature (a few Kelvin). Many chemically aggressive molecules (*radicals, *ions) have been successfully examined spectroscopically for the first time in this way. Even if a chemically non-reactive substance -- usually a noble gas such as argon -- is used as the solid body, the influence of the matrix on the energy levels of the molecule must be taken into consideration (this effect is known in English as "matrix shift"). The term matrices is also used in connection with cellular polyurethanes, ion-exchange resins and inclusion compounds, with the immobilization of enzymes etc. for affinity chromatography, and with other methods of solid-phase techniques. Certain types of *bicomponent fibers consist of fibrils embedded in matrices (*matrix fibers*). For tablets, especially of the depot-preparation type, the active ingredient is often embedded in a matrix. Matrices in the sense of "master, original" (or template in English) are also seen in deoxyribonucleic acid as well as in certain inorganic substances such as the *montmorillonites, which in the theory of evolution are regarded as important matrices for the polymerization of amino acids. *Topotactic effects* (see Topochemistry) of matrices are also found, for example in the *mineralization of bones, teeth and other hard substances in animal and human tissues, where mainly collagen and proteoglycans function as matrices.

Synthetically useful *matrix reactions* are matrix polymerizations, in which macromolecular compounds having stereoregular structure can be synthesized^{1, 2}. -- English: matrix -- French, Italian: matrice -- Spanish: matriz.

Literature: ¹ Pure Appl. Chem. 53, 627-641 (1981). ² Plaste Kautsch. 29, 563-566 (1982).

General: Acc. Chem. Res. 14, 138 et seq. (1981) * Barnes, *Matrix Isolation Spectroscopy*, Dordrecht; Riedel 1981 * Nancollas, *Biological Mineralization*, Berlin: Springer 1982 * Smyth, *Analytical Chemistry of Complex Matrices*, Stuttgart: Teubner 1996.

Beschreibung der Vergilbung von nahezu weißen oder nahezu farblosen Materialien

DIN
6167

Description of yellowness of near-white or near-colourless materials

Kursiv gesetzte Textteile sind Anmerkungen.

1 Allgemeines

Die Einflüsse von Strahlung, Temperatur, Feuchtigkeit, chemischen Reaktionen usw. lassen ursprünglich nahezu weiße oder farblose Materialien, z. B. Papiere, Kunststoffe oder Anstriche, vergilben. Die Vergilbungszahl gibt die Änderung des Gelbwertes einer Probe durch einen oder mehrere der oben genannten Einflüsse während einer bestimmten Zeitspanne an.

Bei deutlichen Unterschieden der Proben im Buntton (röter-grüner) oder in der Helligkeit können Gelbwert und Vergilbungszahl nach dieser Norm und eine visuelle Bewertung zu unterschiedlichen Ergebnissen führen. In solchen Fällen ist eine volle farbmetrische Beschreibung der Proben erforderlich (siehe DIN 5033 Teil 3, DIN 6174, DIN 55 980 und DIN 55 981).

Ein von dieser Norm abweichender Gelbwert kann durch Messung der spektralen Transmissions- oder Reflexionsgrade bei den Wellenlängen 450, 550 und 600 nm statt durch Messung der Normfarbwerte erhalten werden.

2 Gelbwert G

Der Gelbwert G einer Probe nach dieser Norm errechnet sich aus den Normfarbwerten X , Y , Z (siehe DIN 5033 Teil 2 und 7) nach Gleichung (1).

$$G = \frac{a \cdot X - b \cdot Z}{Y} \cdot 100 \quad (1)$$

Die Faktoren a und b sind der Tabelle zu entnehmen:

Normlichtart 1)	D 65	D 65	C
Normalbeobachter 2)	10°	2°	2°
a	1,301	1,298	1,277
b	1,149	1,133	1,059

1) Siehe DIN 5033 Teil 7

2) Siehe DIN 5033 Teil 2

Zu bevorzugen sind Werte für den 10°-Normalbeobachter und die Normlichtart D 65. Wenn eine Bewertung für den 10°-Normalbeobachter nicht möglich ist, darf ausnahmsweise auch der 2°-Normalbeobachter berücksichtigt werden.

3 Vergilbungszahl V

Die Vergilbungszahl V ist die Differenz der Gelbwerte der behandelten (Index b) und unbehandelten (Index u) Probe:

$$V = G_b - G_u \quad (2)$$

4 Durchführung

Zur Messung des Gelbwertes einer Probe wird ein Farbmeßgerät verwendet, mit dem die Normfarbwerte X , Y und Z der Probe nach DIN 5033 Teil 2, Teil 3 und Teil 7 in Aufsicht oder in Durchsicht ermittelt werden können. Bei der Messung lumineszierender Proben sind diese polychromatisch mit der entsprechenden Normlichtart zu beleuchten.

Da bei der Berechnung der Vergilbungszahl wegen der Differenzbildung gegen den Bezug keine besonders hohe Absolutgenauigkeit der Normfarbwerte notwendig ist, dürfen handelsübliche Farbmeßgeräte nach dem Dreibereichsverfahren mit guter Langzeitstabilität eingesetzt werden.

5 Prüfbericht

Der Prüfbericht muß mindestens die folgenden Angaben enthalten:

- die Art und Bezeichnung des geprüften Erzeugnisses;
- einen Hinweis auf diese Norm;
- die Art und Dauer der Behandlung, die zur Vergilbung der Proben führte;
- die Vergilbungszahl und/oder die Gelbwerte;
- die bei der Messung angewandte Meßgeometrie und Art der Beleuchtung (siehe DIN 5033 Teil 7);
- die den Normfarbwerten X , Y und Z zugrunde gelegte Normlichtart und der zugehörige Normalbeobachter (siehe DIN 5033 Teil 2 und Teil 7);
- das Prüfdatum.

Fortsetzung Seite 2
Erläuterungen Seite 2

Normenausschuß Farbe (FNF) im DIN Deutsches Institut für Normung e.V.
Normenausschuß Lichttechnik (FNL) im DIN
Normenausschuß Materialprüfung (NMP) im DIN
Normenausschuß Anstrichstoffe und ähnliche Beschichtungsstoffe (FA) im DIN

Nachdruck, auch auszugsweise, nur mit Genehmigung des DIN Deutsches Institut für Normung e. V., Berlin, gestattet.

Weitere Normen

DIN 5033 Teil 1	Farbmessung; Grundbegriffe der Farbmatrik
DIN 5033 Teil 2	Farbmessung; Normvalenz-Systeme
DIN 5033 Teil 3	Farbmessung; Farbmaßzahl
DIN 5033 Teil 4	Farbmessung; Spektralverfahren
DIN 5033 Teil 5	Farbmessung; Gleichheitsverfahren
DIN 5033 Teil 6	Farbmessung; Dreibereichsverfahren
DIN 5033 Teil 7	Farbmessung; Meßbedingungen für Körperfarben
DIN 5033 Teil 8	Farbmessung; Meßbedingungen für Lichtquellen
DIN 5033 Teil 9	Farbmessung; Weißstandard für Farbmessung und Photometrie
DIN 6174	Farbmetrische Bestimmung von Farbabständen bei Körperfarben nach der CIELAB-Formel
DIN 55 980	Bestimmung des Farbstichs von nahezu weißen Proben
DIN 55 981	Bestimmung des relativen Farbstichs von nahezu weißen Proben

Erläuterungen

Zur vollständigen Farbkennzeichnung nahezu weißer oder vergilbter Proben sind genauso wie für alle anderen Farben drei Farbmaßzahlen erforderlich. Zur Kennzeichnung der Vergilbung werden in der Praxis jedoch eindimensionale Skalen verwendet.

Die in dieser Norm gegebenen Definitionen für den Gelbwert und die Vergilbungszahl haben den Vorteil einfacher Messung und einfacher Berechnung. Der Gelbwert stimmt für Normlichtart C und den 2°-Normalbeobachter angenähert mit dem Yellowness Index YI nach ASTM D 1925-70 überein.

Übersetzungen von DIN-Normen

Manuskriptübersetzungen

Die in Kopie beigelegte Rohübersetzung wurde vom DIN-Sprachendienst nicht auf ihre Richtigkeit geprüft. Deshalb schließt das Deutsche Institut für Normung e.V. (DIN) ausdrücklich jegliche Haftung für deren Richtigkeit bzw. Vollständigkeit aus.

Translations of DIN-Standards

Typescript translations

The attached typescript translation has not been checked by DIN-Sprachendienst for its accuracy. Deutsches Institut für Normung e.V. (DIN) cannot, therefore, assume responsibility for its correctness or completeness.

On no account shall the translation be considered authorized by DIN.

Beuth Verlag GmbH Berlin • Wien • Zürich

Description of the yellowness of
near-white or near-colourless materials

DIN 6167

Paragraphs in italics are notes.

1. General

The effects of radiation, temperature, moisture, chemical reactions etc. make materials such as paper, plastics or paints that were originally almost white or colourless go yellow. The yellowness index indicates the change in the yellow value of a sample as a result of one or more of the above-mentioned effects over a given period of time.

If the samples differ considerably in hue (redder-greener) or brightness the yellow value and the yellowness index in accordance with this standard and a visual assessment can produce different results. In such cases a full colorimetric description of the samples is required (see DIN 5033 Part 3, DIN 6174, DIN 55 980 and DIN 55 981).

A yellow value that departs from this standard can be obtained by measuring the spectral transmission or reflection ratio at wavelengths of 450, 550 and 600 nm instead of measuring the tristimulus values.

2. Yellow value G

The yellow value G of a sample according to this standard is calculated from the tristimulus values X, Y and Z (see DIN 5033 Parts 2 and 7) according to equation (1).

$$G = \frac{a \cdot X - b \cdot Z}{Y} \cdot 100 \quad (1)$$

Factors a and b are given in the Table :

Standard illuminant (1)	D 65	D 65	C
Standard observer (2)	10°	2°	2°
a	1,301	1,298	1,277
b	1,149	1,133	1,059
1) See DIN 5033 Part 7 2) See DIN 5033 Part 2			

Values for the 10° standard observer and standard illuminant D 65 should be preferred. If an assessment for the 10° standard observer is not possible the 2° standard observer may be taken into consideration also by way of exception.

3. Yellowness index V

The yellowness index V is the difference between the yellow values of the treated (Index b) and untreated (Index u) sample :

$$V = G_b - G_u \quad (2)$$

4. Procedure

In order to measure the yellow value of a sample a colorimeter with which the tristimulus values X , Y and Z of the sample according to DIN 5033 Part 2, Part 3 and Part 7 can be obtained in reflected or transmitted light is used. When measuring luminescent samples, these should be illuminated polychromatically with the relevant standard illuminant.

Since when calculating the yellowness index, there is no need for a particularly high degree of absolute accuracy for the tristimulus values because of subtraction compared with the reference, commercially available colorimeters that operate by the tristimulus method and with good long-term stability may be used.

5. Test report

The test report shall contain the following information as a minimum :

- a) The nature and designation of the product tested
- b) a reference to this standard
- c) The nature and duration of the treatment that caused the samples to yellow
- d) The yellowness index and/or yellow values
- e) The measurement geometry used in the measurement and the type of illumination (see DIN 5033 Part 7)
- f) The standard illuminant on which the tristimulus values X, Y and Z were based and the associated standard observer (see DIN 5033 Part 2 and Part 7)
- g) The date of the test.

Further standards

- DIN 5033 Part 1 Colorimetry; definitions of terms used in colour metrology
- DIN 5033 Part 2 Colorimetry; standard trichromatic coordinate systems
- DIN 5033 Part 3 Colorimetry; colorimetric values

DIN 5033 Part 4	Colorimetry; spectrophotometric method
DIN 5033 Part 5	Colorimetry; uniformity method
DIN 5033 Part 6	Colorimetry; tristimulus method
DIN 5033 Part 7	Colorimetry; measurement conditions for object colours
DIN 5033 Part 8	Colorimetry; measurement conditions for light sources
DIN 5033 Part 9	Colorimetry; white standard for colour measurement and photometry
DIN 6174	Colorimetric determination of colour differences in body colours according to the CIELAB formula
DIN 55 980	Determination of the colour cast of near-white samples
DIN 55 981	Determination of the relative colour cast of near-white samples.

Explanatory Notes

As for all other colours, three colorimetric values are required in order fully to identify the colour of near-white or yellowed samples, although in practice, one-dimensional scales are used to identify yellowness.

The definitions of the yellow value and the yellowness index that are given in this standard have the advantage of being simple to measure and to calculate. For standard illuminant C and the 2° standard observer, the yellow value approximately coincides with Yellowness Index YI according to ASTM D 1925-70.

Strahlungsphysikalische und lichttechnische Eigenschaften von Materialien

Inhaltsverzeichnis und Stichwortverzeichnis

Beiblatt 1
zu
DIN 5036

Radiometric and photometric properties of materials; table of content, catchword index

Dieses Beiblatt enthält Informationen zu DIN 5036 Teil 1, Teil 3 und Teil 4,
jedoch keine zusätzlichen genormten Festlegungen.

1 Inhaltsverzeichnis zu DIN 5036 Teil 1, Teil 3 und Teil 4

1.1 DIN 5036 Teil 1

Strahlungsphysikalische und lichttechnische Eigenschaften von Materialien; Begriffe; Kennzahlen

	Abschnitt		Abschnitt
Allgemeines	1	Absorptionsgrad	8.1
Einflußgrößen	2	Spektrales dekadisches Absorptionsmaß	8.2
Bewertungsfunktionen für Kennzahlen	3	Spektraler Reinabsorptionsgrad	8.3
Spektrale Kennzahlen	3.1	Spektraler Absorptionskoeffizient	8.4
Allgemeine Kennzahlen	3.2	Spektrale Absorptionszahl	8.5
Lichttechnische Kennzahlen	3.3	Bezogene Absorptionskoeffizienten	8.6
Strahlungsphysikalische Kennzahlen	3.4	(Bezogener) spektraler molarer deka-	
Kennzeichnung	3.5	discher Absorptionskoeffizient	8.6.1
Brechung	4	(Bezogener) spektraler dekadischer	
Brechzahl	4.1	Absorptionskoeffizient	8.6.2
Komplexe Brechzahl	4.2	(Bezogener) spektraler Massen-	
Streuung	5	absorptionskoeffizient	8.6.3
Streuvermögen	5.1	Spektraler volumenbezogener	
Halbwertswinkel	5.2	Absorptionskoeffizient	8.6.4
Spektraler Streukoeffizient	5.3	Spektraler Schwächungskoeffizient	8.7
Reflexion	6	Emission	9
Reflexionsgrad	6.1	Halbräumlicher Emissionsgrad	9.1
Grad der gerichteten Reflexion	6.1.1	(Gerichteter) Emissionsgrad	9.2
Grad der gestreuten Reflexion	6.1.2	Zusammenhänge zwischen strahlungs-	
Eigenreflexionsgrad	6.2	physikalischen und lichttechnischen	
Optische Dichte bei Reflexion	6.3	Kennzahlen	10
Spektraler Fresnelscher Reflexionsgrad	6.4		
Strahldichtefaktor	6.5		
Strahldichtekoeffizient	6.6		
Rückstrahlwert	6.7		
Spezifischer Rückstrahlwert	6.8		
Reflexionsfaktor	6.9		
Reflektometerwert	6.10		
Transmission	7		
Transmissionsgrad	7.1		
Grad der gerichteten Transmission	7.1.1		
Grad der gestreuten Transmission	7.1.2		
Trübung	7.2		
Spektraler Reintransmissionsgrad	7.3		
Strahldichtefaktor	7.4		
Strahldichtekoeffizient	7.5		
Transmissionsfaktor	7.6		
Transmissometerwert	7.7		
Optische Dichte bei Transmission	7.8		
Absorption	8		

1.2 DIN 5036 Teil 3

Strahlungsphysikalische und lichttechnische Eigen-
schaften von Materialien; Meßverfahren für lichttechnische
und spektrale strahlungsphysikalische Kennzahlen

Allgemeines	1
Arten der Reflexionsmessungen	2
Arten der Transmissionsmessung	3
Meßanordnungen mit der Ulbrichtschen Kugel	4
Ulbrichtsche Kugel zur Messung von ϱ , ϱ_d , τ , τ_d und τ_{dif}	4.1
Beleuchtungseinrichtung für gerichteten Lichteinfall zur Messung von ϱ , ϱ_d , τ , τ_d	4.1.1
Beleuchtungseinrichtung für diffusen Lichteinfall zur Messung von τ_{dif}	4.1.2

Fortsetzung Seite 2 und 3

Normenausschuß Lichttechnik (FNL) im DIN Deutsches Institut für Normung e.V.

	Abschnitt		Abschnitt
Ulbrichtsche Kugel mit Beleuchtungseinrichtung für diffusen Lichteinfall zur		Messung von Leuchtdichtefaktor β und	
Messung von ϱ_{dif}	4.2	Leuchtdichtekoeffizient q	7
Messung von ϱ , ϱ_d , ϱ_{dif} , τ , τ_d , τ_{dif}	5	Messung von Streuvermögen und	
Messung des Reflexionsgrades ϱ	5.1	Halbwertswinkel	8
Messung des Grades der gestreuten		Reflexionsnormal	9
Reflexion ϱ_d	5.2	Transmissionsnormal	10
Messung des Reflexionsgrades ϱ_{dif}	5.3	Fehlerquellen	11
Messung des Transmissionsgrades τ	5.4	Fehler der Photometer-Skala	11.1
Messung des Grades der gestreuten		Streulicht	11.2
Transmission τ_d	5.5	Fehler bei der Messung von licht-	
Messung des Transmissionsgrades τ_{dif}	5.6	streuenden Materialien	11.3
Messung des gerichteten Anteils bei		Wellenlängen-, Spaltbreiten- und	
Reflexion und Transmission	6	Falschlicht-Fehler	11.4
Qualitative Bestimmung	6.1		
Messung des Grades der		1.3 DIN 5036 Teil 4	
gerichteten Reflexion	6.2	Strahlungsphysikalische und licht-	
Messung bei nicht streuenden Proben	6.2.1	technische Eigenschaften	
Messung bei streuenden Proben	6.2.2	von Materialien; Klasseneinteilung	
Messung des Grades der gerichteten		Merklich gerichtete Transmission oder	
Transmission τ_r	6.3	Reflexion	1
Messung bei nicht streuenden Proben	6.3.1	Lichttechnische Klasseneinteilung und	
Messung bei streuenden Proben	6.3.2	Bezeichnung von Materialien	2

2 Stichwortverzeichnis

	Teil	Abschnitt		Teil	Abschnitt
Abhängigkeit der Stoffkennzahlen	1	2	gerichteter Lichteinfall	3	4.1.1
Absorptionsgrad	1	8.1	Grad der gerichteten Reflexion	1	6.1.1
Absorptionsgrad				3	6.2
(Lichtabsorptionsgrad)	1	8.1	Grad der gerichteten Transmission	1	7.1.1
Absorptionsgrad, spektraler	1	8.1		3	6.3
Absorptionskoeffizient, spektraler	1	8.4	Grad der gestreuten Reflexion	1	6.1.2
Absorptionskoeffizient, spektraler				3	4.1, 5.2
dekadischer	1	8.6.2	Grad der gestreuten Transmission	1	7.1.2
Absorptionskoeffizient, spektraler				3	4.1, 5.5
molarer dekadischer	1	8.6.1	halbräumlicher Emissionsgrad	1	9.1
Absorptionskoeffizient, spektraler			Halbwertswinkel	1	5.2
volumenbezogener	1	8.6.4	Hellempfindlichkeitsgrad,		
Absorptionskoeffizienten, bezogene	1	8.6	spektraler	1	3.3
Absorptionsmaß, spektrales			Innenanstrich der Kugel	3	4.1
dekadisches	1	8.2	Kennzahlen	1	
Absorptionszahl, spektrale	1	8.5	Kennzahlen, allgemeine	1	3.2
Abstrahlungsrichtung	1	2	Kennzahlen, Einflußgrößen	1	2
allgemeine Kennzahlen	1	3.2	Kennzahlen, lichttechnische	1	3.3
Apertur	3	7	Kennzahlen, spektrale	1	3.1
BaSO ₄	3	9	Kennzahlen,		
Begriffe	1		strahlungsphysikalische	1	3.4
Bewertungsfunktion	1	3	Klasseneinteilung, lichttechnische	4	2
bezogene Absorptionskoeffizienten	1	8.6	Kugel, Ulbrichtsche	3	4.1, 5
D	1	6.3, 7.8	Kugel, Innenanstrich	3	4.1
$D(\lambda)$	1	6.3, 7.8	Leuchtdichtefaktor	1	6.5
dekadisches Absorptionsmaß,				3	7
spektrales	1	8.2	Leuchtdichtekoeffizient	1	6.6
dekadische Extinktion	1	8.2		3	7
Dicht, optische	1	7.8	Licht	1	3.5
Dichte, spektrale optische	1	7.8	Lichtart	1	2
diffuser Lichteinfall	3	4.1.2, 4.2, 5.3	Lichteinfall, diffuser	3	4.1.2, 4.2
e (Index)	1	3.5	Lichteinfall, gerichteter	3	4.1.1
Eigenreflexionsgrad	1	6.2	Lichtreflexionsgrad	1	6.1
Emissionsgrad, halbräumlicher	1	9.1	lichttechnische Kennzahlen	1	3.3
Emissionsgrad, spektraler			Lichttransmissionsgrad	1	7.1
halbräumlicher	1	9.1	Lumineszenz-Leuchtdichtefaktor	1	6.5.1.2
Empfindlichkeit, relative spektrale	1	3	Lumineszenz-Strahlendichtefaktor	1	6.5.1.2
Empfindlichkeit, spektrale	1	3	Massenabsorptionskoeffizient,		
Extinktion, dekadische	1	8.2	spektraler	1	8.6.3
Fresnelscher Reflexionsgrad,			merklich gerichtete Reflexion	4	1
spektraler	1	6.4	merklich gerichtete Transmission	4	1
			Meßverfahren	3	

	Teil	Abschnitt		Teil	Abschnitt
Normspektralwertfunktionen	1	3.2	strahlungsphysikalische Kennzahlen	1	3.4
Oberflächenzustand	1	2	Strahlungsverteilung, spektrale	1	2
Öffnungswinkel	1	2	Streuoeffizient, spektraler	1	5.3
optische Dichte	1	7.8	Streuung	1	5
optische Dichte, spektrale	1	7.8	Streuvermögen	1	5.1
Polarisation	1	2		3	8
q	1	6.6	T	1	7.2, 7.6
	3	7	T'	1	7.7
$q(\lambda)$	1	6.6	Temperatur	1	2
R	1	6.7, 6.9	Transmission, merklich gerichtete	4	1
R'	1	6.8, 6.10	Transmissionsgrad	1	7.1
Reflektometerwert	1	6.10		3	4.1, 5, 6.3
Reflexion, merklich gerichtete	4	1	Transmissionsgrad, spektraler	1	7.1
Reflexions-Strahldichtefaktor	1	6.5.1.1	Transmissionsnormal	3	10
Reflexionsfaktor	1	6.9	Transmissometerwert	1	7.7
Reflexionsfunktion, spektrale	1	6.6	Transmissionsfaktor	1	7.6
Reflexionsgrad	1	6.1	Transmissionsmessung, Arten	3	3
	3	4.1, 4.2, 5, 6.2	Trübung	1	7.2
Reflexionsgrad, spektraler	1	6.1	Ulbrichtsche Kugel	3	4.1, 4.2
Reflexions-Leuchtdichtefaktor	1	6.5.1.1	UV-A-Strahlungsreflexionsgrad	1	3.5
Reflexionsmessung, Arten	3	2			
Reflexionsnormal	3	9	v (Index)	1	3.5
Reinabsorptionsgrad, spektraler	1	8.3	$V(\lambda)$	1	3.3
Reintransmissionsgrad, spektraler	1	7.3			
relative spektrale Empfindlichkeit	1	3	α	1	8.1, 10
Rückstrahlwert	1	6.7	α_s	1	8.1
Rückstrahlwert, spezifischer	1	6.8	$\alpha(\lambda)$	1	8.1
$s(\lambda)_{rel}$	1	3	β	1	6.5, 10
Schichtdicke	1	2		3	7
Schwächungskoeffizient, spektraler	1	8.7	$\beta(\lambda)$	1	6.5
spektrale Absorptionszahl	1	8.5	γ	1	5.2
spektrale Empfindlichkeit, relative	1	3	$\gamma_r(\lambda)$	1	6.6
spektrale Reflexionsfunktion	1	6.6			
spektrale Kennzahlen	1	3.1	ϵ	1	9.1
spektrale optische Dichte	1	6.3, 7.8	$\epsilon(\vartheta, \varphi)$	1	9.2
spektrale Strahlungsverteilung	1	2	$\epsilon(\lambda)$	1	9.1
spektraler Absorptionsgrad	1	8.1	$\epsilon(\lambda, \vartheta, \varphi)$	1	9.2
spektraler Absorptionskoeffizient	1	8.4			
spektraler dekadischer Absorptionskoeffizient	1	8.6.2	ϱ	1	6.1, 10
spektraler Fresnelscher Reflexionsgrad	1	6.4		3	4.1, 4.2, 5, 6.2
spektraler halbräumlicher Emissionsgrad	1	9.1	ϱ_d	1	6.1, 10
spektraler Hellempfindlichkeitsgrad	1	3.3		3	4.1, 5
spektraler Massenabsorptionskoeffizient	1	8.6.3	ϱ_{dif}	3	4.2, 5
spektraler molarer dekadischer Absorptionskoeffizient	1	8.6.1	ϱ_e	1	3.5
spektraler Reflexionsgrad	1	6.1	ϱ_{eUV-A}	1	3.5
spektraler Reinabsorptionsgrad	1	8.3	ϱ_r	1	6.1, 10
spektraler Reintransmissionsgrad	1	7.3		3	6.2
spektraler Schwächungskoeffizient	1	8.7	ϱ_s	1	6.1
spektraler Strahldichtefaktor	1	6.5	$\varrho(\lambda)$	1	6.1
spektraler Streukoeffizient	1	5.3	σ	1	5.1
spektraler volumenbezogener Absorptionskoeffizient	1	8.6.4		3	8
spektraler Transmissionsgrad	1	7.1	τ	1	7.1, 10
spektrales dekadisches Absorptionsmaß	1	8.2		3	4.1, 5
spezifischer Rückstrahlwert	1	6.8	τ_d	1	7.1, 10
Strahldichtefaktor	1	6.5, 7.4		3	4.1, 5
Strahldichtefaktor, spektraler	1	6.5	τ_{dif}	3	4.1, 5
Strahldichtekoeffizient	1	6.6	$\tau_i(\lambda)$	1	7.3
Strahldichtekoeffizient, spektraler	1	6.6	τ_r	1	7.1, 10
Strahlungseinfall	1	2		3	6.3
			τ_s	1	7.1
			$\tau(\lambda)$	1	7.1

Übersetzungen von DIN-Normen

Manuskriptübersetzungen

Die in Kopie beigefügte Rohübersetzung wurde vom DIN-Sprachendienst nicht auf ihre Richtigkeit geprüft. Deshalb schließt das Deutsche Institut für Normung e.V. (DIN) ausdrücklich jegliche Haftung für deren Richtigkeit bzw. Vollständigkeit aus.

Translations of DIN-Standards

Typescript translations

The attached typescript translation has not been checked by DIN-Sprachendienst for its accuracy. Deutsches Institut für Normung e.V. (DIN) cannot, therefore, assume responsibility for its correctness or completeness.

On no account shall the translation be considered authorized by DIN.

Beuth Verlag GmbH Berlin • Wien • Zürich

Radiometric and photometric properties of materials	Supplement Sheet 1 to
Table of contents and list of key words	DIN 5036

This supplement sheet contains information relating to DIN 5036 Part 1, Part 3 and Part 4, but it does not contain any additional standardized stipulations.

1 Table of contents of DIN 5036 Part 1, Part 3 and Part 4

1.1 DIN 5036 Part 1

Radiometric and photometric properties of materials; definitions, characteristic factors

	Clause or subclause
General	1
Influencing factors	2
Evaluation functions for characteristic numbers	3
Spectral characteristic numbers	3.1
General characteristic numbers	3.2
Photometric characteristic numbers	3.3
Radiometric characteristic numbers	3.4
Identification	3.5
Refraction	4
Refractive index	4.1
Complex refractive index	4.2
Dispersion	5
Dispersion power	5.1
Half value angle	5.2
Spectral dispersion coefficient	5.3

Photometry Standards Committee (FNL) of DIN, German Standards Institute
Inc.

Supplement sheet 1
to DIN 5036

	Clause or subclause
Reflection	6
Degree of reflection	6.1
Degree of directional reflection	6.1.1
Degree of diffuse reflection	6.1.2
Degree of self reflection	6.2
Optical density on reflection	6.3
Spectral Fresnel degree of reflection	6.4
Radial intensity per unit area factor	6.5
Radial intensity per unit area coefficient	6.6
Reflection value	6.7
Specific reflection value	6.8
Reflection factor	6.9
Reflectometer value	6.10
Transmission	7
Degree of transmission	7.1
Degree of directional transmission	7.1.1
Degree of diffuse transmission	7.1.2
Opacity	7.2
Spectral pure transmission degree	7.3
Radial intensity per unit area factor	7.4
Radial intensity per unit area coefficient	7.5
Transmission factor	7.6
Transmissometer value	7.7
Optical density on transmission	7.8
Absorption	8
Degree of absorption	8.1
Spectral decadic absorption rate	8.2
Spectral pure absorption degree	8.3
Spectral absorption coefficient	8.4
Spectral absorption number	8.5

Supplement sheet 1
to DIN 5036

	Clause or subclause
Related absorption coefficients	8.6
(Related) spectral molar decadic absorption coefficient	8.6.1
(Related) spectral decadic absorption coefficient	8.6.2
(Related) spectral mass absorption coefficient	8.6.3
Spectral volume-related absorption coefficient	8.6.4
Spectral attenuation coefficient	8.7
Emission	9
Semi-infinite degree of emission	9.1
(Directional) degree of emission	9.2
Relationships between radiometric and photometric characteristic factors	10

1.2 DIN 5036 Part 3

Radiometric and photometric properties of materials;
methods of measurement for photometric and spectral
radiometric characteristic factors

	Clause or subclause
General	1
Kinds of reflection measurements	2
Kinds of transmission measurement	3
Measuring layouts with the Ulbricht sphere	4
Ulbricht sphere for the measurement of ρ , ρ_d , τ , τ_d and τ_{dif}	4.1
Illumination arrangement for the directional incidence of light for the measurement of ρ , ρ_d , τ , τ_d	4.1.1
Illumination arrangement for the diffuse incidence of light for the measurement of τ_{dif}	4.1.2
Ulbricht sphere with illuminating device for diffuse incidence of light, for the measurement of ρ_{dif}	4.2

Supplement sheet 1
to DIN 5036

Clause or subclause	
5	Measurement of ρ , ρ_d , ρ_{dif} , τ , τ_d , τ_{dif}
5.1	Measurement of the degree of reflection ρ
5.2	Measurement of the degree of diffuse reflection ρ_d
5.3	Measurement of the degree of reflection ρ_{dif}
5.4	Measurement of the degree of transmission τ
5.5	Measurement of the degree of diffuse transmission τ_d
5.6	Measurement of the degree of transmission τ_{dif}
6	Measurement of the directional percentage in the case of reflection and transmission
6.1	Qualitative determination
6.2	Measurement of the degree of directional reflection
6.2.1	Measurement on non-dispersive test pieces
6.2.2	Measurement on dispersive test pieces
6.3	Measurement of the degree of directional transmission τ_r
6.3.1	Measurement on non-dispersive test pieces
6.3.2	Measurement on dispersive test pieces
7	Measurement of the luminance factor β and of the luminance coefficient q
8	Measurement of the dispersion power and of the half value angle
9	Reflection normal
10	Transmission normal
11	Sources of error
11.1	Photometer graduation scale errors
11.2	Stray light
11.3	Errors arising during the measurement of light- diffusing materials
11.4	Wave length, apertural width and false light errors

1.3 DIN 5036 Part 4

Radiometric and photometric properties of materials

Classification

	Clause or subclause
Perceptibly directional transmission or reflection	1
Photometric classification and designation of materials	2

2 List of key words

(in alphabetical order of the German original)

	Part	Clause or subclause
Dependence of the characteristic factors of the material	1	2
Absorption, degree of	1	8.1
Absorption, degree of (degree of light absorption)	1	8.1
Absorption, degree of, spectral	1.	8.1
Absorption coefficient, spectral	1.	8.4
Absorption coefficient, spectral decadic	1	8.6.2
Absorption coefficient, spectral molar decadic	1	8.6.1
Absorption coefficient, spectral volume-related	1	8.6.4
Absorption coefficients, related	1	8.6
Absorption rate, spectral decadic	1	8.2
Absorption number, spectral	1	8.5
Reflection radiation, direction of	1	2
General characteristic numbers	1	3.2
Aperture	3	7
Ba SO ₄	3	9
Definitions	1	
Evaluation function	1	3
Related absorption coefficients	1	8.6
D	1	6.3, 7.8
- D (λ)	1	6.3, 7.8

Supplement sheet 1
to DIN 5036

	Part	Clause or subclause
Decadic absorption rate, spectral	1	8.2
Decadic extinction	1	8.2
Density, optical	1	7.8
Density, spectral optical	1	7.8
Diffuse incidence of light	3	4.1.2, 4.2, 5.3
e (subscript)	1	3.5
Self-reflection, degree of	1	6.2
Emission, degree of, semi-infinite	1	9.1
Emission, degree of, spectral semi-infinite	1	9.1
Sensitivity, relative spectral	1	3
Sensitivity, spectral	1	3
Extinction, decadic	1	8.2
Fresnel degree of reflection, spectral	1	6.4
Directional incidence of light	3	4.1.1
Degree of directional reflection	1	6.1.1
	3	6.2
Degree of directional transmission	1	7.1.1
	3	6.3
Degree of diffuse reflection	1	6.1.2
	3	4.1, 5.2
Degree of diffuse transmission	1	7.1.2
	3	4.1, 5.5
Semi-infinite degree of emission	1	9.1
Half value angle	1	5.2
Luminosity factor, spectral	1	3.3
Internal coating of paint of the sphere	3	4.1
Characteristic numbers	1	
Characteristic numbers, general	1	3.2

Supplement sheet 1
to DIN 5036

	Part	Clause or subclause
Characteristic numbers, influencing magnitudes on	1	2
Characteristic numbers, photometric	1	3.3
Characteristic numbers, spectral	1	3.1
Characteristic numbers, radiometric	1	3.4
Classification, photometric	4	2
Sphere, Ulbricht	3	4.1, 5
Sphere, internal coating of paint of	3	4.1
Luminance factor	1	6.5
	3	7
Luminance coefficient	1	6.6
	3	7
Light	1	3.5
Illuminant	1	2
Light, incidence of, diffuse	3	4.1.2, 4.2
Light, incidence of, directional	3	4.1.1
Light degree of reflection	1	6.1
Photometric characteristic factors	1	3.3
Light degree of transmission	1	7.1
Luminescence luminance factor	1	6.5.1.2
Luminescence radial intensity per unit area factor	1	6.5.1.2
Mass absorption coefficient, spectral	1	8.6.3
Perceptibly directional reflection	4	1
Perceptibly directional transmission	4	1
Measurement, methods of	3	
Standard spectral value functions	1	3.2

Supplement sheet 1
to DIN 5036

	Part	Clause or subclause
Surface, condition of	1	2
Aperture angle	1	2
Optical density	1	7.8
Optical density, spectral	1	7.8
Polarization	1	2
q	1	6.6
	3	7
q (λ)	1	6.6
R	1	6.7, 6.9
R'	1	6.8, 6.10
Reflectometer value	1	6.10
Reflection, perceptibly directional	4	1
Reflection radial intensity per unit area factor	1	6.5.1.1
Reflection factor	1	6.9
Reflection function, spectral	1	6.6
Reflection, degree of	1	6.1
	3	4.1, 4.2, 5, 6.2
Reflection, degree of, spectral	1	6.1
Reflection luminance factor	1	6.5.1.1
Reflection measurement, kinds of	3	2
Reflection normal	3	9
Pure absorption, degree of spectral	1	8.3
Pure transmission, degree of spectral	1	7.3
Relative spectral sensitivity	1	3
Reflection value	1	6.7
Reflection value, specific	1	6.8

Supplement sheet 1
to DIN 5036

	Part	Clause or subclause
$s(\lambda)_{rel}$	1	3
Layer thickness	1	2
Attenuation coefficient, spectral	1	8.7
Spectral absorption number	1	8.5
Spectral sensitivity, relative	1	3
Spectral reflection function	1	6.6
Spectral characteristic factors	1	3.1
Spectral optical density	1	6.3, 7.8
Spectral radiation distribution	1	2
Spectral degree of absorption	1	8.1
Spectral absorption coefficient	1	8.4
Spectral decadic absorption coefficient	1	8.6.2
Spectral Fresnel degree of reflection	1	6.4
Spectral semi-infinite degree of emission	1	9.1
Spectral luminosity factor	1	3.3
Spectral mass absorption coefficient	1	8.6.3
Spectral molar decadic absorption coefficient	1	8.6.1
Spectral degree of reflection	1	6.1
Spectral pure absorption degree	1	8.3
Spectral pure transmission degree	1	7.3
Spectral attenuation coefficient	1	8.7
Spectral radial intensity per unit area factor	1	6.5
Spectral dispersion coefficient	1	5.3
Spectral volume-related absorption coefficient	1	8.6.4
Spectral degree of transmission	1	7.1
Spectral decadic absorption rate	1	8.2
Specific reflection value	1	6.8
Radial intensity per unit area factor	1	6.5, 7.4
Radial intensity per unit area factor, spectral	1	6.5

Supplement sheet 1
to DIN 5036

	Part	Clause or subclause
Radial intensity per unit area coefficient	1	6.6
Radial intensity per unit area coefficient, spectral	1	6.6
Radiation, incidence of the	1	2
Radiometric characteristic factors	1	3.4
Radiation distribution, spectral	1	2
Dispersion coefficient, spectral	1	5.3
Dispersion	1	5
Dispersion power	1	5.1
	3	8
T	1	7.2, 7.6
T'	1	7.7
Temperature	1	2
Transmission, perceptibly directional	4	1
Transmission, degree of	1	7.1
	3	4.1, 5, 6.3
Transmission, degree of, spectral	1	7.1
Transmission normal	3	10
Transmissometer value	1	7.7
Transmission factor	1	7.6
Transmission measurement, kinds of	3	3
Opacity	1	7.2
Ulbricht sphere	3	4.1, 4.2
UV-A-radiation reflectance degree	1	3.5
v (subscript)	1	3.5
$V(\lambda)$	1	3.3
α	1	8.1, 10
α_s	1	8.1
$\alpha(\lambda)$	1	8.1

β	1	6.5, 10
	3	7
$\beta(\lambda)$	1	6.5
γ	1	5.2
$\gamma_r(\lambda)$	1	6.6
ϵ	1	9.1
$\epsilon(\vartheta, \varphi)$	1	9.2
$\epsilon(\lambda)$	1	9.1
$\epsilon(\lambda, \vartheta, \varphi)$	1	9.2
Q	1	6.1, 10
	3	4.1, 4.2, 5, 6.2
Q_d	1	6.1, 10
	3	4.1, 5
Q_{dif}	3	4.2, 5
Q_e	1	3.5
Q_{eUV-A}	1	3.5
Q_r	1	6.1, 10
	3	6.2
Q_s	1	6.1
$Q(\lambda)$	1	6.1
σ	1	5.1
	3	8
τ	1	7.1, 10
	3	4.1, 5
	4	2
τ_d	1	7.1, 10
	3	4.1, 5
τ_{dif}	3	4.1, 5
$\tau_j(\lambda)$	1	7.3
τ_r	1	7.1, 10
	3	6.3
τ_s	1	7.1
$\tau(\lambda)$	1	7.1

Strahlungsphysikalische und lichttechnische Eigenschaften von Materialien

Begriffe Kennzahlen

DIN
5036
Teil 1

Radiometric and photometric properties of materials; definitions characteristics

Zugleich Ersatz
für DIN 5036 Teil 2

DIN 5036 Strahlungsphysikalische und lichttechnische Eigenschaften von Materialien umfaßt folgende Teile:

- Tell 1 Begriffe für Vorgänge und Medien
Kennzahlen
Teil 3 Meßverfahren (Folgeausgabe z. Z. noch Entwurf)
Teil 4 Klasseneinteilung
Beiblatt Inhaltsverzeichnis und Stichwortverzeichnis

Größen, Bezeichnungen und Einheiten der Strahlungsphysik und der Lichttechnik siehe DIN 5031 Teil 1 bis Teil 7 sowie DIN 1349 Teil 1 und Teil 2.

1 Allgemeines

Fällt optische Strahlung auf ein Material, so wird ein Teil reflektiert, ein Teil absorbiert und häufig ein Teil durchgelassen. Diese Eigenschaften der Materialien sollen durch „Kennzahlen“ (spektrale, allgemeine, strahlungsphysikalische und lichttechnische) gekennzeichnet werden.

Die Eigenschaften von lumineszierenden Materialien werden im allgemeinen wie bei nicht lumineszierenden Materialien beschrieben, obwohl diese Stoffe für den von der Lumineszenz herrührenden Teil ihrer Strahlung Selbststrahler (Selbstleuchter) sind.

In dieser Norm sind im allgemeinen die strahlungsphysikalischen Kennzahlen definiert, die für die lichttechnischen Kennzahlen maßgebenden Größen sind in Klammern eingefügt. Wo nur die spektralen Kennzahlen von Bedeutung sind, sind nur diese aufgeführt.

2 Einflußgrößen

Die Kennzahlen sind keine rein material-spezifischen Größen, sondern hängen von einer Anzahl von Parametern ab, z. B. von

- der Schichtdicke:
Die Schichtdicken sind nötigenfalls anzugeben; bei Materialien mit Überzügen zusätzlich Art und Dicke des Überzuges.
- dem Oberflächenzustand:
Die Kennzahlen gelten für saubere, trockene Proben, wenn es nicht anders angegeben wird.
- der Temperatur:
Die Kennzahlen gelten für die Temperatur 25 °C, wenn es nicht anders angegeben wird.
- der spektralen Zusammensetzung der Strahlung:
Bei Angabe der Kennzahl ist die spektrale Strahlungsverteilung zu kennzeichnen, z. B. durch Angabe der Lichtart (Normlichtarten siehe DIN 5033 Teil 7) oder durch Angabe der Verteilungstemperatur¹⁾.

Bei lumineszierenden Materialien ist auch bei der Messung spektraler Kennzahlen die Probe mit der Lichtart zu bestrahlen, auf die die spektralen Kennzahlen bezogen werden sollen.

- dem Polarisationszustand der Strahlung:
Wenn die Kennzahl nicht für unpolarisiert auf das Material fallende Strahlung gilt, ist der Polarisationszustand und die Lage der Polarisationssebene anzugeben.

Anmerkung: Reflektierte und transmittierte Strahlung sind im allgemeinen teilpolarisiert, auch wenn die einfallende Strahlung unpolarisiert ist.

- dem Strahlungseinfall:
Wird die Kennzahl für einen anderen als senkrechten oder nahezu senkrechten quasiparallelen Strahlungseinfall angegeben, ist die räumliche Verteilung der einfallenden Strahlung anzugeben, z. B. bei quasiparallelem, nicht senkrechtem Einfall durch den im Index hinzugefügten Strahlungseinfallswinkel ϵ_1 , gemessen gegen die Flächennormale (Bild 1) oder bei halbräumlichem diffusen Strahlungseinfall mit konstanter Strahldichte durch den Index d.

Anmerkung: Der Grad der gestreuten Reflexion wird ebenfalls mit dem Index d gekennzeichnet (siehe Abschnitt 6.1.2).

- Die spektrale Verteilung der Strahlung muß im gesamten interessierenden Bereich durch die Verteilungstemperatur gekennzeichnet sein, gegebenenfalls ist der durch Grenzwellenlängen λ_1 und λ_2 eingeschlossene Wellenlängenbereich anzugeben, in dem die Strahlungsfunktion durch eine Verteilungstemperatur beschrieben werden kann.

Fortsetzung Seite 2 bis 8

Normenausschuß Lichttechnik (FNL) im DIN Deutsches Institut für Normung e. V.

Frühere Ausgaben:
DIN 5036: 11.35
DIN 5036 Teil 1: 08.63, 03.70
DIN 5036 Teil 2: 08.63, 03.70

Nachdruck, auch auszugsweise, nur mit Genehmigung des DIN Deutsches Institut für Normung e. V., Berlin, gestattet.

Änderung Juli 1978:
DIN 5036 Teil 1 und Teil 2 zusammengefaßt, Titel geändert,
Inhalt vollständig überarbeitet.

g) der Abstrahlungsrichtung:

Bei Kennzahlen, die für eine bestimmte Abstrahlungsrichtung gelten, ist diese mit anzugeben durch (Bild 1) den Abstrahlungswinkel ε_2 (oder ϑ , siehe Abschnitt 9.2), gemessen gegen die empfängerseitige Flächennormale und den Azimut φ , gemessen zwischen Strahlungseinfalls- und Abstrahlungsebene.

Für $\varphi = 180^\circ$ kann man ε_1 und ε_2 im Index angeben, z. B. für den Strahldichtefaktor β bei $\varepsilon_1 = 45^\circ$ und $\varepsilon_2 = 0^\circ$: $\beta_{45/0}$.

Hat die Struktur des Materials eine Vorzugsrichtung, so ist diese in bezug auf die Strahlungseinfalls- oder Abstrahlungsebene anzugeben.

h) den Öffnungswinkeln des einfallenden und des bewerteten Strahlenbündels:

Die Kennzahl strebt beim Verkleinern den Öffnungswinkeln in der Praxis einem konstanten Wert zu. Die Öffnungswinkel sind daher mit anzugeben, wenn dieser konstante Wert noch nicht erreicht ist.

i) der Bewertungsfunktion:

Näheres siehe Abschnitt 3.

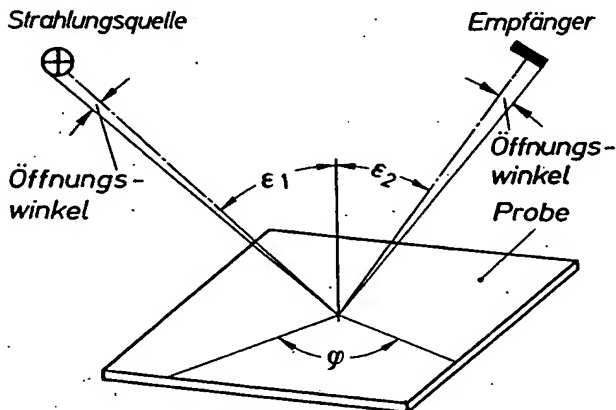


Bild 1. Winkelbezeichnung für Kennzahlen

Wenn andere Größen die Kennzahl beeinflussen, z. B. Beleuchtungs- oder Bestrahlungsstärke, UV-Strahlung oder IR-Strahlung, so sind sie mit anzugeben.

3 Bewertungsfunktionen für Kennzahlen

Die hier behandelten Vorgänge und Kennzahlen gelten für optische Strahlung, insbesondere für Licht.

Maßgebend für die Unterscheidung der verschiedenen Gruppen von Kennzahlen ist die Bewertungsfunktion, d. h. die relative spektrale Empfindlichkeit $s(\lambda)_{\text{rel}}$ des bewertenden Empfängers.

3.1 Spektrale Kennzahlen

Die Kennzahlen bei monochromatischer Strahlung sind Funktionen der Wellenlänge λ . Man bezeichnet sie durch denselben Ausdruck, wie die entsprechende integrale Größe, dem das Adjektiv „spektral“ vorgesetzt wird und durch dasselbe Formelzeichen, an das das Formelzeichen λ in Klammern angehängt wird, z. B. spektraler Transmissionsgrad $\tau(\lambda)$.

Bei der spektralen Dichte einer Größe X setzt man vor den Namen der Größe ebenfalls das Adjektiv „spektral“, versteht dagegen das Formelzeichen der Größe mit dem Index λ , z. B. spektrale Strahlungsleistung Φ_λ . Dabei ist zu beachten, daß X und X_λ von verschiedener Dimension sind, denn:

$$X_\lambda = \frac{dX}{d\lambda} \quad (1)$$

3.2 Allgemeine Kennzahlen

Ist eine spektrale Kennzahl als Funktion der Wellenlänge bekannt, so kann die entsprechende lichttechnische, strahlungsphysikalische oder eine entsprechende allgemeine Kennzahl für jede Strahlungsfunktion der beleuchtenden Strahlung berechnet werden.

Bei „allgemeinen Kennzahlen“ ist die Bewertungsfunktion jeweils mit anzugeben. Als Bewertungsfunktion können z. B. gelten:

die Normspektralwertfunktionen (siehe DIN 5033 Teil 2) die photobiologischen Wirkungsfunktionen ein konstanter Wert.

Ist S_λ die Strahlungsfunktion (siehe DIN 5033 Teil 1) der auf das Material fallenden Strahlung, $s(\lambda)_{\text{rel}}$ die Bewertungsfunktion und $a(\lambda)$ die jeweilige spektrale Kennzahl, so ergibt sich die allgemeine Kennzahl a zu:

$$a = \frac{\int_0^\infty S_\lambda \cdot a(\lambda) \cdot s(\lambda)_{\text{rel}} \cdot d\lambda}{\int_0^\infty S_\lambda \cdot s(\lambda)_{\text{rel}} \cdot d\lambda} \quad (2)$$

3.3 Lichttechnische Kennzahlen

Die lichttechnischen Kennzahlen sind ein Sonderfall der allgemeinen Kennzahlen. Es werden photometrische Größen betrachtet, so daß als Bewertungsfunktion der spektrale Hellempfindlichkeitsgrad für Tagessehen $V(\lambda)$ (siehe DIN 5031 Teil 2) gilt. Somit ergibt sich die lichttechnische Kennzahl a zu:

$$a = \frac{\int_0^\infty S_\lambda \cdot a(\lambda) \cdot V(\lambda) \cdot d\lambda}{\int_0^\infty S_\lambda \cdot V(\lambda) \cdot d\lambda} \quad (3)$$

3.4 Strahlungsphysikalische Kennzahlen

Die strahlungsphysikalischen Kennzahlen sind ein Sonderfall der allgemeinen Kennzahlen für eine Bewertungsfunktion $s(\lambda)_{\text{rel}} = 1$. Hiermit ergibt sich die strahlungsphysikalische Kennzahl a zu:

$$a = \frac{\int_0^\infty S_\lambda \cdot a(\lambda) \cdot d\lambda}{\int_0^\infty S_\lambda \cdot d\lambda} \quad (4)$$

3.5 Kennzeichnung

Besteht eine Verwechslungsmöglichkeit mit Kennzahlen, die nach verschiedenen Bewertungsfunktionen bewertet sind, so sollen für die lichttechnischen Kennzahlen die Benennungen mit der Vorsilbe „Licht“ gebildet werden und die entsprechenden Formelzeichen den Index v erhalten, z. B. „Lichtreflexionsgrad ρ_v “ und für die strahlungsphysikalischen Kennzahlen die Benennungen mit der Vorsilbe „Strahlungs“ gebildet werden und die entsprechenden Formelzeichen den Index e erhalten, z. B. „Strahlungsreflexionsgrad ρ_e “.

Gelten die strahlungsphysikalischen Kennzahlen nur innerhalb eines bestimmten Wellenlängenbereiches, so soll der entsprechende Bereich durch eine Vorsilbe in der Benennung und beim Formelzeichen als Index mit angegeben werden; z. B. der Strahlungsreflexionsgrad im Wellenlängenbereich des UV-A-Gebietes (siehe DIN 5031 Teil 7) als UV-A-Strahlungsreflexionsgrad $\rho_{e\text{UV-A}}$.

Für jede spektrale Kennzahl gibt es eine entsprechende lichttechnische und eine strahlungsphysikalische Kennzahl

sowie allgemeine Kennzahlen. Jede für eine dieser Kennzahlen angegebene Begriffsbestimmung gilt sinngemäß auch für alle anderen gleichartigen Kennzahlen.

4 Brechung

Änderung der Fortpflanzungsrichtung einer Strahlung infolge der örtlichen Unterschiede der Fortpflanzungsgeschwindigkeit in einem optisch inhomogenen Material oder beim Durchgang durch die Grenzfläche zweier optisch verschiedener Materialien.

4.1 Brechzahl (eines Materials für monochromatische Strahlung der Wellenlänge λ)

Verhältnis der Geschwindigkeit c_0 der elektromagnetischen Strahlung im Vakuum zu der Phasengeschwindigkeit v der monochromatischen Strahlung in dem Material.

Formelzeichen: n

$$(\text{spektrale}) \text{ Brechzahl } n(\lambda) = \frac{c_0}{v(\lambda)} \quad (5)$$

Anmerkung: Die Brechzahl ist gleich dem Verhältnis des Sinus des Einfallswinkels e_1 und des Sinus des Brechungswinkels e_2 beim Durchgang eines Strahlenbündels durch die Grenzfläche zwischen Vakuum und Material

$$n(\lambda) = \sin e_1 / \sin e_2(\lambda) \quad (6)$$

4.2 Komplexe Brechzahl

Bei absorbierenden, isotropen Materialien gilt das Brechungsgesetz nur in komplexer Form.

Formelzeichen: $n^*(\lambda)$

Spektrale komplexe Brechzahl $n^*(\lambda) = n(\lambda) - i\kappa(\lambda)$ (7)

$\kappa(\lambda)$ spektrale Absorptionszahl
(siehe Abschnitt 8.5)

5 Streuung

Streuung im Sinne der Strahlungsphysik und Lichttechnik ist die Ablenkung eines Strahlenbündels in viele Richtungen durch ein Material (Oberfläche und/oder Volumen), jedoch ohne Änderung der Wellenlänge.

Anmerkung: Die gestreute Strahlung hat eine kontinuierliche räumliche Verteilung.

Das vollkommen mattweiße Material ist ein gleichmäßig streuendes Material, das die Strahlung winkelunabhängig reflektiert (transmittiert) und dessen Reflexionsgrad (Transmissionsgrad) den Wert 1 hat.

5.1 Streuvermögen (einer streuend reflektierenden oder transmittierenden Fläche)

Verhältnis des Mittelwertes der Leuchtdichten bei 20° und 70° ($0,35 \text{ rad}$ und $1,22 \text{ rad}$) zur Leuchtdichte bei 5° ($0,09 \text{ rad}$) bei senkrechtem Lichteinfall.

Formelzeichen: σ

$$\sigma = \frac{L(20) + L(70)}{2L(5)} \quad (8)$$

Anmerkung 1: Das Streuvermögen soll eine Angabe über die räumliche Verteilung des gestreuten Lichtstromes machen. Es ist gleich 1 für alle gleichmäßig streuenden Materialien unabhängig vom Grad der gestreuten Reflexion (Transmission).

Anmerkung 2: Diese Art der Definition soll nur für Materialien Anwendung finden, deren Streuindikatrix nicht nennenswert von derjenigen gewöhnlicher Trübgläser abweicht.

5.2 Halbwertswinkel (für eine streuend reflektierende oder transmittierende Fläche)

Abstrahlungswinkel, bei dem die Leuchtdichte L_γ der streuend abstrahlenden Fläche den halben Wert der Leuchtdichte L_0 beim Abstrahlungswinkel 0° hat, bei senkrechtem Lichteinfall.

Formelzeichen: γ

$$L_\gamma = \frac{1}{2} L_0 \quad (9)$$

Anmerkung: Es empfiehlt sich, zur Kennzeichnung der Streuindikatrix bei stark streuenden Materialien das Streuvermögen σ , bei schwach streuenden den Halbwertswinkel γ anzuwenden.

5.3 Spektraler Streukoeffizient (in einem streuenden Material für ein quasiparalleles Strahlenbündel)

Verhältnis aus der relativen Abnahme der spektralen Strahldichte L_λ eines quasiparallelen Strahlenbündels, das eine Schicht infinitesimaler Dicke infolge Streuung senkrecht durchdringt, und der Dicke dl dieser Schicht.

Formelzeichen: $s(\lambda)$

$$s(\lambda) = -\frac{1}{L_\lambda} \cdot \frac{dL_\lambda}{dl} \quad (10)$$

Einheit: cm^{-1}

Anmerkung: Der spektrale Streukoeffizient ist derjenige Teil des spektralen Schwächungskoeffizienten (siehe Abschnitt 8.7), der durch Streuung verursacht wird.

6 Reflexion

6.1 Reflexionsgrad

Verhältnis der (des) reflektierten Strahlungsleistung (Lichtstroms) zu der (dem) einfallenden Strahlungsleistung (Lichtstrom).

Formelzeichen: ρ

$$\text{Spektraler Reflexionsgrad } \rho(\lambda) = \frac{\Phi_{e\lambda} \rho}{\Phi_{e\lambda}} \quad (11)$$

Hierin bedeuten:

$\Phi_{e\lambda} \rho$ reflektierte spektrale Strahlungsleistung

$\Phi_{e\lambda}$ einfallende spektrale Strahlungsleistung

allgemeiner Reflexionsgrad

$$\rho_s = \frac{\int_0^\infty \Phi_{e\lambda} \cdot \rho(\lambda) \cdot s(\lambda)_{\text{rel}} \cdot d\lambda}{\int_0^\infty \Phi_{e\lambda} \cdot s(\lambda)_{\text{rel}} \cdot d\lambda} \quad (12)$$

Lichtreflexionsgrad

$$\rho = \frac{\Phi_\rho}{\Phi} = \frac{\int_0^\infty \Phi_{e\lambda} \cdot \rho(\lambda) \cdot V(\lambda) \cdot d\lambda}{\int_0^\infty \Phi_{e\lambda} \cdot V(\lambda) \cdot d\lambda} \quad (13)$$

Anmerkung 1: Die auf ein Material fallende Strahlung kann gerichtet, gestreut oder gemischt reflektiert werden.

Anmerkung 2: Bei gemischter Reflexion setzt sich der Reflexionsgrad aus zwei Anteilen zusammen: dem Grad der gerichteten Reflexion und dem Grad der gestreuten Reflexion entsprechend den beiden Arten der Reflexion, die in den Abschnitten 6.1.1 und 6.1.2 definiert sind.

$$\rho = \rho_r + \rho_d \quad (14)$$

6.1.1 Grad der gerichteten Reflexion

Verhältnis derjenigen Strahlungsleistung (des Lichtstroms), für die nach Reflexion das photometrische Entfernungsgesetz vom virtuellen Bild der Strahlungsquelle (Lichtquelle) aus gilt, zur (zum) einfallenden Strahlungsleistung (Lichtstrom).

Formelzeichen: ρ_r

6.1.2 Grad der gestreuten Reflexion

Verhältnis derjenigen Strahlungsleistung (des Lichtstroms), für die nach Reflexion das photometrische Entfernungsgesetz von dem reflektierenden Material aus gilt, zur (zum) einfallenden Strahlungsleistung (Lichtstrom).

Formelzeichen: ϱ_d

6.2 Eigenreflexionsgrad

Reflexionsgrad eines Materials, dessen Schichtdicke so groß ist, daß sich eine weitere Erhöhung dieser Dicke auf den Wert des Reflexionsgrades nicht mehr auswirkt.

Formelzeichen: ϱ_∞

6.3 Optische Dichte bei Reflexion

Dekadischer Logarithmus des reziproken Wertes des Reflexionsgrades.

Formelzeichen: D

spektrale optische Dichte

$$\text{bei Reflexion } D(\lambda) = \lg \frac{1}{\varrho(\lambda)} \quad (15)$$

6.4 Spektraler Fresnelscher Reflexionsgrad

Sind bei einem optisch klaren, absorbierenden Material (Brechzahl n , Absorptionszahl κ), die Grenzflächen völlig glatt und ohne störende Oberflächenschichten, so läßt sich der Fresnelsche Reflexionsgrad $\bar{\varrho}_p(\lambda)$ und $\bar{\varrho}_s(\lambda)$ für die beiden Strahlungsleistungsanteile, die von den parallel und senkrecht zur Einfallsebene schwingenden elektrischen Feldstärken herrühren, berechnen.

Fällt die Strahlung aus dem Vakuum unter dem Winkel e_1 auf das Material auf, so ergibt sich für ein nicht absorbierendes Material ($\kappa = 0$) (in den folgenden Gleichungen ist der Hinweis auf die spektrale Natur der Größen weggelassen, e_2 ergibt sich aus Gleichung (6)):

$$\bar{\varrho}_p = \left[\frac{n^2 \cdot \cos e_1 - (n^2 - \sin^2 e_1)^{1/2}}{n^2 \cdot \cos e_1 + (n^2 - \sin^2 e_1)^{1/2}} \right]^2 = \frac{\tan^2(e_1 - e_2)}{\tan^2(e_1 + e_2)} \quad (16)$$

$$\bar{\varrho}_s = \left[\frac{\cos e_1 - (n^2 - \sin^2 e_1)^{1/2}}{\cos e_1 + (n^2 - \sin^2 e_1)^{1/2}} \right]^2 = \frac{\sin^2(e_1 - e_2)}{\sin^2(e_1 + e_2)} \quad (17)$$

Für unpolarisierte Strahlung ergibt sich der gesamte Fresnelsche Reflexionsgrad $\bar{\varrho}_t$ zu:

$$\bar{\varrho}_t = \frac{1}{2} (\bar{\varrho}_s + \bar{\varrho}_p) \quad (18)$$

Beim Strahlungseinfallswinkel $e_1 = 0$ (Index 0) sind die Gleichungen 16 und 17 identisch.

$$\bar{\varrho}_0 = \bar{\varrho}_{t,0} = \bar{\varrho}_{s,0} = \bar{\varrho}_{p,0} = \left[\frac{n-1}{n+1} \right]^2 \quad (19)$$

Für halbräumlich diffus mit konstanter spektraler Strahlungsleistung aus dem Vakuum einfallende nicht polarisierte Strahlung ist eine Formel für den Fresnelschen Reflexionsgrad $\bar{\varrho}_d$ in der Literatur [2] angegeben.

6.5 Strahldichtefaktor (Leuchtdichtefaktor)

(an einem Flächenelement auf der Oberfläche eines nicht selbststrahlenden (selbstleuchtenden) reflektierenden Materials, in einer Richtung, unter gegebenen Bestrahlungs-(Beleuchtungs-)bedingungen)

Verhältnis der Strahlungsleistung (Leuchtdichte) des Materials zu der Strahlungsleistung (Leuchtdichte) des vollkommen matten Materials bei Reflexion, das in gleicher Weise bestrahlt (beleuchtet) wird.

Formelzeichen: β

$$\text{Spektraler Strahldichtefaktor } \beta(\lambda) = \frac{L_{e\lambda}}{L_{e\lambda w}} \quad (20)$$

Hierin bedeuten:

$L_{e\lambda}$ spektrale Strahlungsleistung des Materials

$L_{e\lambda w}$ spektrale Strahlungsleistung des vollkommen matten Materials

allgemeiner Strahldichtefaktor

$$\beta_s = \frac{\int_0^\infty L_{e\lambda} \cdot s(\lambda)_{\text{rel}} \cdot d\lambda}{\int_0^\infty L_{e\lambda w} \cdot s(\lambda)_{\text{rel}} \cdot d\lambda} = \frac{\int_0^\infty L_{e\lambda w} \cdot \beta(\lambda) \cdot s(\lambda)_{\text{rel}} \cdot d\lambda}{\int_0^\infty L_{e\lambda w} \cdot s(\lambda)_{\text{rel}} \cdot d\lambda} \quad (21)$$

Leuchtdichtefaktor

$$\beta = \frac{L}{L_w} = \frac{\int_0^\infty L_{e\lambda w} \cdot \beta(\lambda) \cdot V(\lambda) \cdot d\lambda}{\int_0^\infty L_{e\lambda w} \cdot V(\lambda) \cdot d\lambda} \quad (22)$$

Der Strahldichtefaktor (Leuchtdichtefaktor) ist nur für gestreute Strahlung sinnvoll.

Anmerkung: Früher wurde bei Reflexion der Strahldichtefaktor auch als Remissionsgrad bezeichnet. Der Begriff Remissionsgrad wurde jedoch auch für andere Größen definiert und angewandt. Nach Einführung des Reflexionsfaktors (siehe Abschnitt 6.9) ist der nicht eindeutige Begriff Remissionsgrad zu vermeiden.

6.5.1 Bei lumineszierenden Materialien setzt sich der Strahldichtefaktor (Leuchtdichtefaktor) aus zwei Anteilen zusammen: dem Reflexions-Strahldichtefaktor (-Leuchtdichtefaktor) β_s und dem Lumineszenz-Strahldichtefaktor (-Leuchtdichtefaktor) β_L .

$$\beta_T = \beta_s + \beta_L \quad (23)$$

6.5.1.1 Reflexions-Strahldichtefaktor (-Leuchtdichtefaktor)

(an einem Flächenelement auf der Oberfläche eines Materials, in einer Richtung, unter gegebenen Bestrahlungs-(Beleuchtungs-)bedingungen).

Verhältnis der Strahlungsleistung (Leuchtdichte) infolge Reflexion vom Material zu der Strahlungsleistung (Leuchtdichte) eines vollkommen matten Materials bei Reflexion, das in gleicher Weise bestrahlt (beleuchtet) wird.

Formelzeichen: β_s

6.5.1.2 Lumineszenz-Strahldichtefaktor (-Leuchtdichtefaktor)

(an einem Flächenelement auf der Oberfläche eines Materials, in einer Richtung, unter gegebenen Bestrahlungs-(Beleuchtungs-)bedingungen)

Verhältnis der Strahlungsleistung (Leuchtdichte) infolge Lumineszenz des Materials zu der Strahlungsleistung (Leuchtdichte) eines vollkommen matten Materials bei Reflexion, das in gleicher Weise bestrahlt (beleuchtet) wird.

Formelzeichen: β_L

Anmerkung: Der spektrale Lumineszenz-Strahldichtefaktor ist eine Kennzahl, die wesentlich von der Strahlungsfunktion der einfallenden Strahlung abhängt.

6.6 Strahldichtekoeffizient (Leuchtdichtekoeffizient)

(an einem Flächenelement auf der Oberfläche eines nicht selbststrahlenden (selbstleuchtenden) reflektierenden Materials in einer Richtung, unter gegebenen Bestrahlungs-(Beleuchtungs-)bedingungen)

Verhältnis der Strahldichte (Leuchtdichte) des Materials zu der Bestrahlungsstärke (Beleuchtungsstärke) auf dem Material.

Formelzeichen: q

$$\text{Spektraler Strahldichtekoeffizient } q(\lambda) = \frac{L_\lambda}{E_\lambda} \quad (24)$$

Hierin bedeuten:

L_λ spektrale Strahldichte des Materials

E_λ spektrale Bestrahlungsstärke auf dem Material

Einheit: sr^{-1}

Anmerkung: Bei Einstrahlung aus nur einer Richtung wird der spektrale Strahldichtekoeffizient auch als spektrale Reflexionsfunktion $r_\lambda(\lambda)$ bezeichnet. Die Reflexionsfunktion beschreibt die Reflexionseigenschaften eines Materials für jedes Paar von Einfall- und Reflexionsrichtung. Ihre Zahlenwerte sind daher unabhängig von der räumlichen Verteilung der Einstrahlung.

$$\text{Leuchtdichtekoeffizient } q = \frac{L}{E} \quad (25)$$

Der Strahldichtekoeffizient (Leuchtdichtekoeffizient) ist nur für gestreute Strahlung sinnvoll.

6.7 Rückstrahlwert (eines Rückstrahlers)

Verhältnis der Lichtstärke des in eine vorgegebene Richtung zurückgestrahlten Lichtes zur Beleuchtungsstärke bei senkrechtem Lichteinfall am Rückstrahler für gegebene Lichteinfall-, Beobachtungs- und Verdrehungswinkel.

Der Beobachtungswinkel ist der Winkel zwischen Lichteinfall- und Beobachtungsrichtung. Der Verdrehungswinkel ist der Winkel, um den die Probe um ihre Mittelsenkrechte von einer willkürlich festgelegten Stellung aus gedreht wird.

Formelzeichen²⁾: R

$$R = \frac{I_e}{E_\perp} \quad (26)$$

Hierin bedeuten:

I_e Lichtstärke beim Abstrahlungswinkel ε_2

E_\perp Beleuchtungsstärke bei senkrechtem Lichteinfall am Ort des Rückstrahlers.

Anmerkung 1: Rückstrahlwerte sind nur beim Auftreten von Retroreflexion sinnvoll zu bestimmen. Sie ist dadurch gekennzeichnet, daß die einfallende Strahlung in Richtungen zurückgestrahlt wird, die der Einstrahlungsrichtung sehr nahe liegen und von ihr weitgehend unabhängig sind.

Anmerkung 2: Bei der Photometrie von Rückstrahlern wird dieser Quotient mit C.I.L. bezeichnet. Für gewöhnlich wird er in Millicandela je Lux ($\text{mcd} \cdot \text{lx}^{-1}$) angegeben.

Anmerkung 3: Die Lichteinfallsebene (Ebene, die die Flächennormale und die Lichteinfallrichtung enthält) und die Abstrahlungsebene (Ebene, die die Flächennormale und die Beobachtungsrichtung enthält) sollen senkrecht aufeinander stehen.

Anmerkung 4: Bei Messungen an Rückstrahlern ist darauf zu achten, daß die Aperturwinkel der Meßordnung genügend klein sind.

6.8 Spezifischer Rückstrahlwert

Verhältnis der Lichtstärke des Reflexstoffes in einer vorgegebenen Richtung zum Produkt aus der Beleuchtungsstärke bei senkrechtem Lichteinfall auf dem Reflexstoff und der Fläche des Reflexstoffes für gegebene Lichteinfall-, Beobachtungs- und Verdrehungswinkel.

Formelzeichen³⁾: R'

$$R' = \frac{I_e}{E_\perp \cdot A} \quad (27)$$

Hierin bedeuten:

I_e Lichtstärke beim Abstrahlungswinkel ε_2

E_\perp Beleuchtungsstärke bei senkrechtem Lichteinfall am Ort des Reflexstoffes

A Fläche des Reflexstoffes

Anmerkung 1: Lichteinfall- und Beobachtungsrichtung sowie Flächennormale des Reflexstoffes liegen in einer Ebene.

Anmerkung 2: Der spezifische Rückstrahlwert von Reflexstoffen wird im allgemeinen in $\text{cd} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{lx}^{-1}$ angegeben.

Anmerkung 3: Der Leuchtdichtekoeffizient ergibt sich aus dem spezifischen Rückstrahlwert R' durch Multiplikation mit dem Faktor $(\cos \varepsilon_1 \cdot \cos \varepsilon_2)^{-1}$.

Da bei den üblichen Messungen an Reflexstoffen ε_2 nur wenig von ε_1 verschieden ist, genügt meist die Multiplikation mit dem Faktor $\cos^{-2} \varepsilon_1$.

$$q = R' (\cos \varepsilon_1 \cdot \cos \varepsilon_2)^{-1} \approx R' \cos^{-2} \varepsilon_1 \quad (28)$$

Anmerkung 4: Bei Messungen an Reflexstoffen ist darauf zu achten, daß die Aperturwinkel der Meßanordnung genügend klein sind.

6.9 Reflexionsfaktor

(an einem Flächenelement einer Oberfläche, für den Teil der reflektierten Strahlung, der in einem gegebenen Raumwinkel mit dem Ursprung an diesem Element der Oberfläche enthalten ist, und für einfallende Strahlung gegebener spektraler Zusammensetzung und geometrischer Verteilung)

Verhältnis der (des) in einen gegebenen Raumwinkel reflektierten Strahlungsleistung (Lichtstroms) zu der Strahlungsleistung (dem Lichtstrom), die (der) in den gleichen Raumwinkel durch das vollkommen mattweiße, in gleicher Weise bestrahlte (beleuchtete) Material reflektiert wird.

Formelzeichen²⁾: R

Anmerkung 1: Bei gerichtet und stark gebündelt reflektierenden Flächen, die durch eine Strahlungsquelle mit kleinem Raumwinkel bestrahlt (beleuchtet) werden, kann der Reflexionsfaktor größer als 1 werden, wenn der Raumwinkel, in dem gemessen wird, das Spiegelbild der Strahlungsquelle enthält. In diesem Fall ist der mit einer Meßanordnung ermittelte Zahlenwert des Reflexionsfaktors von der Meßgeometrie abhängig (genauer von den Maßen der Probe und den Abständen zwischen Strahlungsquelle und Probe sowie zwischen Probe und Empfänger), wenn nicht die Probengröße genügend klein ist und die ganze gerichtete reflektierte Strahlungsleistung (der Lichtstrom) auf den Empfänger trifft.

Anmerkung 2: Wenn die Größe des Raumwinkels, in welchem gemessen wird, den Wert $2\pi \text{ sr}$ annimmt, geht der Reflexionsfaktor in den Reflexionsgrad über. In diesem Fall muß der gerichtete Anteil der Reflexion (wenn vorhanden) mit erfaßt werden. Wird der gerichtete Anteil mit Hilfe einer Glanzfalle ausgeschlossen, so geht der Reflexionsfaktor in den Grad der gestreuten Reflexion über.

²⁾ Das Formelzeichen R wird international sowohl für den Rückstrahlwert als auch für den Reflexionsfaktor (siehe Abschnitt 6.9) angewendet. Da hier keine Verwechslungsmöglichkeiten zu erwarten sind, ist diese Praxis beibehalten worden.

³⁾ Das Formelzeichen R' wird international sowohl für den spezifischen Rückstrahlwert als auch für den Reflektometerwert (siehe Abschnitt 6.10) angewendet. Da hier keine Verwechslungsmöglichkeiten zu erwarten sind, ist diese Praxis beibehalten worden.

Anmerkung 3: Wenn der Raumwinkel, in welchem gemessen wird, einen Wert nahe 0 sr hat, so geht der Reflexionsfaktor in den Strahldichtefaktor (Leuchtdichtefaktor) über, wenn in der Meßrichtung kein gerichteter Anteil der Reflexion auftritt.

Anmerkung 4: Statt des Reflexionsfaktors kann in vielen Fällen der Reflektometerwert (siehe Abschnitt 6.10) angewendet werden.

6.10 Reflektometerwert

Ein mit einem bestimmten Reflektometer gemessener Wert.

Formelzeichen³⁾: R'

Das zur Messung verwendete Gerät ist anzugeben.

Anmerkung: Der Reflektometerwert hängt im allgemeinen von der Meßgeometrie des Gerätes, von der Lichtart des beleuchtenden Lichtes, von der relativen spektralen Empfindlichkeit des Empfängers (unter der Berücksichtigung der verwendeten Filter) und von dem verwendeten Standard ab. Gegebenenfalls sind darüber Angaben zu machen.

7 Transmission

7.1 Transmissionsgrad

Verhältnis der (des) durchgelassenen Strahlungsleistung (Lichtstroms) zur (zum) auffallenden Strahlungsleistung (Lichtstrom).

Formelzeichen: τ

Spektraler Transmissionsgrad

$$\tau(\lambda) = \frac{\Phi_{e\lambda\tau}}{\Phi_{e\lambda}} \quad (29)$$

Hierin bedeuten:

$\Phi_{e\lambda\tau}$ durchgelassene spektrale Strahlungsleistung

$\Phi_{e\lambda}$ einfallende spektrale Strahlungsleistung

allgemeiner Transmissionsgrad

$$\tau_S = \frac{\int_0^\infty \Phi_{e\lambda} \cdot \tau(\lambda) \cdot s(\lambda)_{\text{rel}} \cdot d\lambda}{\int_0^\infty \Phi_{e\lambda} \cdot s(\lambda)_{\text{rel}} \cdot d\lambda} \quad (30)$$

Lichttransmissionsgrad

$$\tau = \frac{\Phi_\tau}{\Phi} = \frac{\int_0^\infty \Phi_{e\lambda} \cdot \tau(\lambda) \cdot V(\lambda) \cdot d\lambda}{\int_0^\infty \Phi_{e\lambda} \cdot V(\lambda) \cdot d\lambda} \quad (31)$$

Anmerkung 1: Die durch ein Material tretende Strahlung kann gerichtet, gestreut oder gemischt durchgelassen werden.

Anmerkung 2: Bei gemischter Transmission setzt sich der Transmissionsgrad aus zwei Anteilen zusammen: dem Grad der gerichteten Transmission τ_r und dem Grad der gestreuten Transmission τ_d entsprechend den beiden Arten von Transmission, die in den Abschnitten 7.1.1 und 7.1.2 definiert sind.

$$\tau = \tau_r + \tau_d \quad (32)$$

7.1.1 Grad der gerichteten Transmission

Verhältnis derjenigen Strahlungsleistung (des Lichtstroms), für die nach Durchgang durch das Material das photometrische Entfernungsgesetz von der Strahlungsquelle (Lichtquelle) bzw. ihrem Bild aus gilt, zur (zum) auffallenden Strahlungsleistung (Lichtstrom).

Formelzeichen: τ_r

7.1.2 Grad der gestreuten Transmission

Verhältnis derjenigen Strahlungsleistung (des Lichtstroms), für die nach Durchgang durch das Material das photometrische Entfernungsgesetz von dem Material aus gilt, zur (zum) einfallenden Strahlungsleistung (Lichtstrom).

Formelzeichen: τ_d

7.2 Trübung

Trübung in % im Sinne dieser Norm ist das Verhältnis des Grades der gestreuten Transmission zum Transmissionsgrad.

Formelzeichen: T

$$T = \frac{\tau_d}{\tau} \cdot 100 \quad (33)$$

Anmerkung: Trübung wird häufig als das Verhältnis der Lichttransmissionsgrade τ_d und τ bei Beleuchtung mit Normlichtart C (siehe DIN 5033 Teil 7) angegeben. Sie ist nur dann eine sinnvolle Kennzahl, wenn $T \leq 30\%$ ist.

7.3 Spektraler Reintransmissionsgrad

(einer homogenen nicht streuenden Schicht)

Verhältnis der spektralen Strahlungsleistung $(\Phi_\lambda)_{\text{ex}}$, die die Austrittsfläche der Schicht erreicht, zur spektralen Strahlungsleistung $(\Phi_\lambda)_{\text{in}}$, die durch die Eintrittsfläche eingedrungen ist.

Formelzeichen: $\tau_i(\lambda)$

$$\tau_i(\lambda) = \frac{(\Phi_\lambda)_{\text{ex}}}{(\Phi_\lambda)_{\text{in}}} \quad (34)$$

Anmerkung: Für eine gegebene Schicht hängt der spektrale Reintransmissionsgrad von der durch die Strahlung in der Schicht zurückgelegten Weglänge ab, insbesondere also vom Einfallswinkel und von der Schichtdicke.

7.4 Strahldichtefaktor

Für den Strahldichtefaktor bei Transmission gelten die gleichen Definitionen wie für den Strahldichtefaktor bei Reflexion (siehe Abschnitt 6.5), nur ist sinngemäß der Ausdruck Reflexion durch den Ausdruck Transmission zu ersetzen.

7.5 Strahldichtekoeffizient

Für den Strahldichtekoeffizienten bei Transmission gelten die gleichen Definitionen wie für den Strahldichtekoeffizienten bei Reflexion (siehe Abschnitt 6.6), nur ist sinngemäß der Ausdruck Reflexion durch den Ausdruck Transmission zu ersetzen.

Entsprechend gilt auch die Anmerkung des Abschnittes 6.6 für die spektrale Transmissionsfunktion mit dem Formelzeichen $\gamma_t(\lambda)$.

7.6 Transmissionsfaktor

Für den Transmissionsfaktor gelten die gleichen Definitionen wie für den Reflexionsfaktor (siehe Abschnitt 6.9), nur ist sinngemäß der Ausdruck Reflexionsfaktor durch den Ausdruck Transmissionsfaktor mit dem Formelzeichen T zu ersetzen.

7.7 Transmissometerwert

Für den Transmissometerwert gilt die gleiche Definition wie für den Reflektometerwert (siehe Abschnitt 6.10), nur ist sinngemäß der Ausdruck Reflektometerwert durch den Ausdruck Transmissometerwert mit dem Formelzeichen T' zu ersetzen.

³⁾ Siehe Seite 5

7.8 Optische Dichte bei Transmission

Dekadischer Logarithmus des reziproken Wertes des Transmissionsgrades.

Formelzeichen: D

$$\text{Spektrale optische Dichte bei Transmission } D(\lambda) = \lg \frac{1}{\tau(\lambda)} \quad (35)$$

8 Absorption

8.1 Absorptionsgrad

Verhältnis der (des) absorbierten Strahlungsleistung (Lichtstromes) zur (zum) auffallenden Strahlungsleistung (Lichtstrom).

Formelzeichen: α

Spektraler Absorptionsgrad

$$\alpha(\lambda) = \frac{\Phi_{\text{el}\alpha}}{\Phi_{\text{el}}} \quad (36)$$

Hierin bedeuten:

$\Phi_{\text{el}\alpha}$ absorbierte spektrale Strahlungsleistung

Φ_{el} auffallende spektrale Strahlungsleistung

allgemeiner Absorptionsgrad

$$\alpha_s = \frac{\int_0^\infty \Phi_{\text{el}} \cdot \alpha(\lambda) \cdot s(\lambda)_{\text{rel}} \cdot d\lambda}{\int_0^\infty \Phi_{\text{el}} \cdot s(\lambda)_{\text{rel}} \cdot d\lambda} \quad (37)$$

Lichtabsorptionsgrad

$$\alpha = \frac{\Phi_\alpha}{\Phi} = \frac{\int_0^\infty \Phi_{\text{el}} \cdot \alpha(\lambda) \cdot V(\lambda) \cdot d\lambda}{\int_0^\infty \Phi_{\text{el}} \cdot V(\lambda) \cdot d\lambda} \quad (38)$$

8.2 Spektrales dekadisches Absorptionsmaß (dekadische Extinktion)

Dekadischer Logarithmus des reziproken Wertes des spektralen Reintransmissionsgrades

Formelzeichen: $A(\lambda)$

$$A(\lambda) = \lg \frac{1}{\tau_1(\lambda)} \quad (39)$$

Anmerkung 1: Das Formelzeichen $E(\lambda)$ ist weiterhin üblich.

Anmerkung 2: Gelegentlich wird an Stelle des dekadischen Logarithmus der natürliche Logarithmus benutzt. Man spricht dann von dem spektralen natürlichen Absorptionsmaß.

$$A_n(\lambda) = \ln \frac{1}{\tau_1(\lambda)} \quad (40)$$

8.3 Spektraler Reinabsorptionsgrad

(einer homogenen nicht streuenden Schicht)

Verhältnis der spektralen Strahlungsleistung, die zwischen der Eintritts- und Austrittsfläche der Schicht absorbiert wird, zur spektralen Strahlungsleistung, die durch die Eintrittsfläche eingedrungen ist.

Formelzeichen: $\alpha_i(\lambda)$

$$\alpha_i(\lambda) = \frac{(\Phi_\lambda)_{\text{in}} - (\Phi_\lambda)_{\text{ex}}}{(\Phi_\lambda)_{\text{in}}} \quad (41)$$

Hierin bedeuten:

$(\Phi_\lambda)_{\text{in}}$ eingetretene spektrale Strahlungsleistung

$(\Phi_\lambda)_{\text{ex}}$ ausgetretene spektrale Strahlungsleistung

8.4 Spektraler Absorptionskoeffizient (für ein absorbierendes Medium)

Verhältnis des spektralen dekadischen Absorptionsmaßes $A(\lambda)$, zur Weglänge l des von der Strahlung zurückgelegten Weges.

Formelzeichen: $a(\lambda)$

$$a(\lambda) = \frac{A(\lambda)}{l} = \frac{1}{l} \cdot \lg \frac{1}{\tau_1(\lambda)} \quad (42)$$

Einheit: cm^{-1}

Anmerkung 1: Geht man vom spektralen natürlichen Absorptionsmaß $A_n(\lambda)$ (siehe Abschnitt 8.2 Anmerkung 2) anstelle des spektralen dekadischen Absorptionsmaßes $A(\lambda)$ aus, so erhält man den spektralen natürlichen Absorptionskoeffizienten $a_n(\lambda)$.

Anmerkung 2: Der spektrale Absorptionskoeffizient $a_n(\lambda)$ ist derjenige Teil des spektralen Schwächungskoeffizienten (siehe Abschnitt 8.7), der durch Absorption hervorgerufen wird.

8.5 Spektrale Absorptionszahl

Die spektrale Absorptionszahl ersetzt den spektralen Absorptionskoeffizienten bei stark absorbierendem Material.

Formelzeichen: $\kappa(\lambda)$

$$\kappa(\lambda) = \frac{\lambda}{4\pi} \cdot a_n(\lambda) \quad (43)$$

8.6 Bezogene Absorptionskoeffizienten

Bezieht man bei Lösungen eines absorbierenden Materials in nicht absorbierenden Lösungsmitteln auf die Konzentration, so erhält man die im folgenden definierten bezogenen spektralen Absorptionskoeffizienten. Diese Koeffizienten sind nach dem Beerschen Gesetz Kennzahlen des gelösten Materials, sofern nicht dessen Assoziationszustand und Solvationszustand vom Lösungsmittel und von der Konzentration abhängen.

Geht man bei den folgenden Kennzahlen von dem spektralen natürlichen Absorptionsmaß $A_n(\lambda)$ (siehe Abschnitt 8.2 Anmerkung 2) bzw. dem spektralen natürlichen Absorptionskoeffizienten $a_n(\lambda)$ (siehe Abschnitt 8.4 Anmerkung 1) anstelle von $A(\lambda)$ bzw. $a(\lambda)$ aus, so erhält man „natürliche“ anstelle von „dekadischen“ Größen.

8.6.1 (Bezogener) spektraler molarer dekadischer Absorptionskoeffizient

Verhältnis des spektralen Absorptionskoeffizienten $a(\lambda)$ zur molaren Konzentration c einer Lösung eines absorbierenden Materials in einem nicht absorbierenden Lösungsmittel.

Formelzeichen: $a_c(\lambda)$

$$a_c(\lambda) = \frac{a(\lambda)}{c} = \frac{1}{c} \cdot \frac{A(\lambda)}{l} = \frac{1}{c \cdot l} \cdot \lg \frac{1}{\tau_1(\lambda)} \quad (44)$$

Einheit: $\text{l} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$ (l = Liter)

8.6.2 (Bezogener) spektraler dekadischer Absorptionskoeffizient

Verhältnis des spektralen Absorptionskoeffizienten $a(\lambda)$ zur Massenkonzentration c' der Lösung eines absorbierenden Materials in einem nicht absorbierenden Lösungsmittel.

Formelzeichen: $a_{c'}(\lambda)$

$$a_{c'}(\lambda) = \frac{a(\lambda)}{c'} = \frac{1}{c'} \cdot \frac{A(\lambda)}{l} = \frac{1}{c' \cdot l} \cdot \lg \frac{1}{\tau_1(\lambda)} \quad (45)$$

Einheit: $\text{l} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$

8.6.3 (Bezogener) spektraler Massenabsorptionskoeffizient

Verhältnis des spektralen Absorptionskoeffizienten $a(\lambda)$ zur Massendichte ρ des Materials.

8.6.4 Spektraler volumenbezogener Absorptionskoeffizient

Verhältnis des spektralen Absorptionskoeffizienten $a(\lambda)$ zum Volumenanteil c_v eines Pigmentes — oder zum Hundertstel der Pigmentvolumenkonzentration ($PVK = 100 c_v$) — in einem nicht absorbierenden Bindemittel.

8.7 Spektraler Schwächungskoeffizient

(in einem absorbierenden und streuenden Material für ein quasiparalleles Strahlenbündel)

Verhältnis der relativen Abnahme der spektralen Strahldichte eines quasiparallelen Strahlenbündels, das eine Schicht infinitesimaler Dicke senkrecht durchdringt, zur Dicke dl dieser Schicht (siehe Abschnitt 5.3).

Formelzeichen: $\mu(\lambda)$

$$\mu(\lambda) = \frac{1}{L_\lambda} \cdot \frac{dL_\lambda}{dl} \quad (46)$$

Einheit: cm^{-1}

Anmerkung 1: Der spektrale Schwächungskoeffizient ist

$$\mu(\lambda) = a_n(\lambda) + s(\lambda) \quad (47)$$

Anmerkung 2: $\mu(\lambda)/\rho$ wird als spektraler Massenschwächungskoeffizient bezeichnet, wobei ρ die Massendichte des Materials ist.

9 Emission

9.1 Halbräumlicher Emissionsgrad (eines Temperaturstrahlers)

Verhältnis der spezifischen Ausstrahlung des betrachteten Temperaturstrahlers zu derjenigen des Planckschen (Schwarzen) Strahlers gleicher Temperatur.

Formelzeichen: ϵ

spektraler halbräumlicher Emissionsgrad

$$\epsilon(\lambda) = \frac{M_\lambda}{M_{\lambda P}} \quad (48)$$

Hierin bedeuten:

M_λ spektrale spezifische Ausstrahlung des betrachteten Temperaturstrahlers

$M_{\lambda P}$ spektrale spezifische Ausstrahlung des Planckschen Strahlers

9.2 (Gerichteter) Emissionsgrad (eines Temperaturstrahlers)

Verhältnis der Strahldichte des betrachteten Temperaturstrahlers in einer Richtung zu derjenigen des Planckschen (Schwarzen) Strahlers gleicher Temperatur.

Formelzeichen: $\epsilon(\vartheta, \varphi)$

ϑ, φ Winkelkoordinaten der betrachteten Richtung

spektraler (gerichteter) Emissionsgrad

$$\epsilon(\lambda, \vartheta, \varphi) = \frac{L_\lambda}{L_{\lambda P}} \quad (49)$$

Hierin bedeuten:

L_λ spektrale Strahldichte des betrachteten Temperaturstrahlers

$L_{\lambda P}$ spektrale Strahldichte des Planckschen Strahlers

10 Zusammenhänge zwischen strahlungsphysikalischen und lichttechnischen Kennzahlen

Zwischen den Kennzahlen bestehen bei jeweils gleichem Strahlungseinfall folgende Zusammenhänge:

$$\rho + \alpha + \tau = 1 \quad (50)$$

$$\rho = \rho_r + \rho_d \quad (51)$$

$$\tau = \tau_r + \tau_d \quad (52)$$

$$\beta = \pi Q_0 \cdot q \quad (53)$$

$$\rho = \frac{1}{\pi Q_0} \int_{2\pi Q_0} \beta_\rho \cdot \cos \epsilon_2 \cdot dQ \quad (54)$$

$$\tau = \frac{1}{\pi Q_0} \int_{2\pi Q_0} \beta_\tau \cdot \cos \epsilon_2 \cdot dQ \quad (55)$$

$$R' = \frac{\beta}{\pi Q_0} \cdot \cos \epsilon_1 \cdot \cos \epsilon_2 \quad (56)$$

Hierin bedeuten:

$Q_0 = 1 \text{ sr}$ (Einheitsraumwinkel)

$2\pi Q_0$ Integration über den Halbraum

β_ρ Strahldichtefaktor (Leuchtdichtefaktor) für Reflexion

β_τ Strahldichtefaktor (Leuchtdichtefaktor) für Transmission

R' spezifischer Rückstrahlwert³⁾

Wenn die räumliche Verteilung des Leuchtdichtefaktors durch eine Formel beschrieben werden kann, ergeben sich weitere Zusammenhänge.

³⁾ Siehe Seite 5

Schrifttum

- [1] „Strahlungsphysikalische und lichttechnische Stoffkennzahlen und deren Messung“ CIE-Publikation Nr 38 (TC-2.3) 1977
 [2] Billmeyer, F. W. jr. und D. H. Alman: Exact calculation of Fresnel reflection coefficients for diffuse light. J. Color and Appearance 2 (1973), Nr 1, S. 36-38

Weitere Normen

- DIN 1349 Teil 1 Durchgang optischer Strahlung durch Medien; Optisch klare Stoffe, Größen, Formelzeichen und Einheiten
 DIN 1349 Teil 2 Durchgang optischer Strahlung durch Medien; Optisch trübe Stoffe, Begriffe
 DIN 5031 Teil 1
 bis Teil 7 Strahlungsphysik im optischen Bereich und Lichttechnik
 DIN 5033 Teil 7 Farbmessung; Meßbedingungen für Körperfarben

Übersetzungen von DIN-Normen

Manuskriptübersetzungen

Die in Kopie beigefügte Rohübersetzung wurde vom DIN-Sprachendienst nicht auf ihre Richtigkeit geprüft. Deshalb schließt das Deutsche Institut für Normung e.V. (DIN) ausdrücklich jegliche Haftung für deren Richtigkeit bzw. Vollständigkeit aus.

Translations of DIN-Standards

Typescript translations

The attached typescript translation has not been checked by DIN-Sprachendienst for its accuracy. Deutsches Institut für Normung e.V. (DIN) cannot, therefore, assume responsibility for its correctness or completeness.

On no account shall the translation be considered authorized by DIN.

Beuth Verlag GmbH Berlin • Wien • Zürich

Radiometric and photometric properties of materialsDIN

Definitions

Characteristic factors

5036

Part 1

Also supersedes

DIN 5036 Part 2

DIN 5036 Radiometric and photometric properties of materials consists of the following Parts:

Part 1 Definitions relating to phenomena and media
Characteristic factors

Part 3 Methods of measurement (sequel edition at present still in draft version)

Part 4 Classification

Supplement

sheet: Table of contents and list of key words

For magnitudes, designations and units of radiation physics and photometry, see DIN 5031 Part 1 to Part 7 and DIN 13 49 Part 1 and Part 2.

1 General

When optical radiation falls upon a material, one portion is reflected, another portion is absorbed, and in many cases another portion is let through (transmitted). The intention is that these properties of the materials concerned shall be characterized by means of "characteristic numbers" (spectral, general, radiometric and photometric).

The properties of luminescent materials are as a general rule described in the same way as for non-luminescent materials, despite the fact that these substances are self-radiating (primary sources of light) for that portion of their radiation which springs from the luminescence.

Photometry Standards Committee (FNL) of DIN, German Standards Institute Inc.

In this Standard, the radiometric characteristic numbers are defined as a general rule, and the determining magnitudes for the photometric characteristic factors are inserted in brackets. In cases where only the spectral characteristic numbers are of significance, only these are featured.

2 Influencing factors

The characteristic numbers are not magnitudes which are solely related to the material, but on the contrary they are dependent on a number of parameters, which include for instance

a) the layer thickness:

The layer thicknesses should be specified if necessary; in the case of materials which have coatings, the nature and thickness of the coating should be specified in addition.

b) the condition of the surface:

The characteristic numbers are valid for clean, dry test specimens unless anything to the contrary has been stated.

c) the temperature:

The characteristic numbers are valid for a temperature of 25°C, unless anything to the contrary has been stated.

d) the spectral composition of the radiation:

When specifying the characteristic number, the spectral radiation distribution must be characterized, e.g. by specifying the illuminant (see DIN 5033 Part 7 for standard illuminants), or by specifying the distribution temperature 1).

-
- 1) The spectral distribution of the radiation must be characterized by the distribution temperature across the entire range which is of interest, and if need be the range of wavelengths limited by the boundary wavelengths λ_1 and λ_2 , within which the radiation function can be described by a distribution temperature, must be specified.

In the case of luminescent materials, the test specimen must also be irradiated by the illuminant in relation to which the spectral characteristic factors are to be referred when the spectral characteristic factors are measured.

e) the state of polarization of the radiation:

If the characteristic number is not valid for radiation which falls non-polarized upon the material, then the state of polarization and the position of the plane of polarization must be specified.

Note: Reflected and transmitted radiation are as a general rule partially polarized, even when the incident radiation is non-polarized.

f) the incidence of the radiation:

If the characteristic number is specified for any other than a perpendicular or practically perpendicular quasi-parallel incidence of radiation, then the spatial (geometric) distribution of the incident radiation must be specified, e.g., in the case of a quasi-parallel non-perpendicular incidence, by means of the angle of radiation incidence ξ_1 , measured against the normal to the surface (see figure 1), or, in the case of a semi-infinite (hemispherical) diffuse incidence of radiation with a constant radial intensity per unit area, by means of the index d.

Note: the degree of diffuse (scattered) reflection is also characterized by the index d (see sub-clause 6.1.2).

g) the direction of the reflected radiation:

In the case of characteristic numbers which are valid for a given direction of the reflected radiation, this direction must be specified as well, by means of the angle of reflected radiation ξ_2 (see Figure 1) (or ϑ , see subclause 9.2), measured against the normal to the surface at the receiving end, and by means of the azimuth φ , measured between the plane of incidence of radiation and the plane of reflected radiation.

If $\varphi = 180^\circ$, ξ_1 and ξ_2 can be stated in the subscript, e.g. for the

radial intensity per unit area factor β at $\xi_1 = 45^\circ$ and $\xi_2 = 0^\circ$, we can write: $\beta_{45/0}$.

If the structure of the material has a privileged direction, this must be specified in relation to the plane of incidence of radiation or to the plane of reflected radiation.

- h) the aperture angles (flare angles) of the incident and of the evaluated bundle of rays:

The characteristic factor tends in practice towards a constant value when the aperture angles are reduced. The aperture angles should therefore be specified in cases where this constant value has not yet been attained.

- i) the evaluation function:

See clause 3 for details

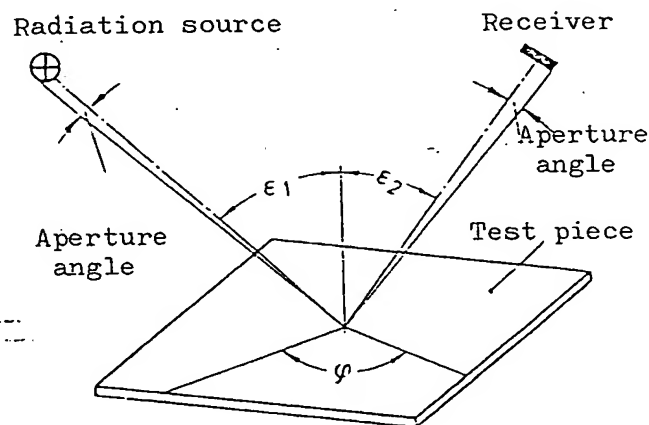


Figure 1. Designation of angles for characteristic factors

In cases where other magnitudes also have an influence on the characteristic number, e.g. the luminous intensity or the intensity of irradiation, or ultra violet radiation or infrared radiation, these magnitudes must also be specified.

3 Evaluation functions for characteristic factors

The phenomena and characteristic factors discussed here apply to optical radiation, and in particular to light.

The evaluation function, i.e. the relative spectral sensitivity $S(\lambda)$ of the evaluating receiver is determining in respect of the differential^{rel}ation between the various groups of characteristic numbers.

3.1 Spectral characteristic numbers.

The characteristic numbers in the case of mono-chromatic radiation are functions of the wavelength λ . They are designated by means of the same expression as that used for the corresponding integral magnitude, with the adjective "spectral" placed in front, and by means of the same formula symbol, to which the formula symbol λ is appended in brackets, e.g. spectral transmission ratio $\tau(\lambda)$.

In the case of the spectral density of a magnitude X , the adjective "spectral" is again placed in front of the name of the magnitude concerned, but the formula symbol of the magnitude is provided in this case with the subscript λ , e.g. spectral radiation capacity Φ_λ . It should be borne in mind in this connection that X and X_λ are of different dimension, because:

$$X_\lambda = \frac{dX}{d\lambda} \quad (1)$$

3.2 General characteristic numbers.

When a spectral characteristic number as function of the wavelength is known, it becomes possible to calculate the corresponding photometric, radiometric or a corresponding general characteristic number for each radiation function of the illuminating radiation.

In the case of "general characteristic factors", the evaluation function must be specified in each case. The following are for instance applicable as evaluation function:

- the standard spectral value functions (see DIN 5033 Part 2)
- the photo biological action functions
- a constant value.

If S_λ is the radiation function (see DIN 5033 Part 1) of the radiation

falling upon the material, $s(\lambda)_{\text{rel}}$ is the evaluation function and $a(\lambda)$ is the respective spectral characteristic number, then the general characteristic number a will be:

$$a = \frac{\int_0^{\infty} S_{\lambda} \cdot a(\lambda) \cdot s(\lambda)_{\text{rel}} \cdot d\lambda}{\int_0^{\infty} S_{\lambda} \cdot s(\lambda)_{\text{rel}} \cdot d\lambda} \quad (2)$$

3.3 Photometric characteristic number

The photometric characteristic number represent a special case of the general characteristic number. Photometric magnitudes are being considered in this case, and consequently the spectral luminosity factor for photopic vision $V(\lambda)$ (see DIN 5031 Part 2) is valid as evaluation function. Therefore the photometric characteristic number a is calculated as:

$$a = \frac{\int_0^{\infty} S_{\lambda} \cdot a(\lambda) \cdot V(\lambda) \cdot d\lambda}{\int_0^{\infty} S_{\lambda} \cdot V(\lambda) \cdot d\lambda} \quad (3)$$

3.4 Radiometric characteristic numbers

The radiometric characteristic numbers represent a special case of the general characteristic numbers for an evaluation function $s(\lambda)_{\text{rel}} = 1$. Hence the radiometric characteristic number a is calculated as:

$$a = \frac{\int_0^{\infty} S_{\lambda} \cdot a(\lambda) \cdot d\lambda}{\int_0^{\infty} S_{\lambda} \cdot d\lambda} \quad (4)$$

3.5 Identification

If there is any risk of confusion with regard to characteristic numbers which are evaluated according to different evaluation functions, then the designations for the photometric characteristic numbers should be formed with the aid of the prefix "light", and the corresponding

formula symbols should have the subscript v appended, for instance "light reflectance degree" ρ_v ; on the other hand, the designations for the radio-metric characteristic numbers should be formed with the prefix "radiation", and the corresponding formula symbols should have the subscript e appended, for instance "radiation reflectance degree" ρ_e .

If the radiometric characteristic numbers are only valid within a given wavelength band, then the band in question should be specified by means of a prefix in the designation, and should have an appropriate subscript appended in the formula symbol; for example, the radiation reflectance degree in the wavelength band of the ultraviolet A zone (see DIN 5031 Part 7) should be designated:

UV-A- radiation reflectance degree ρ_e UV-A

For each spectral characteristic number, there is a corresponding photometric and a corresponding radiometric characteristic factor, and there are also general characteristic numbers. Each definition given for one of these characteristic numbers also applies analogously to all the other characteristic numbers of the same type.

4 Refraction

Change in the direction of propagation of a radiation as a result of the local differences in the propagation velocity in an optically unhomogeneous material, or at the passage through the interface of two optically different materials.

4.1 Refractive index (of a material for monochromatic radiation of wavelength λ)

Ratio of velocity c_0 of the electromagnetic radiation in a vacuum to the phase velocity v of the monochromatic radiation in the material.

Formula symbol = n

$$(\text{spectral}) \text{ refractive index } n(\lambda) = \frac{c_0}{v(\lambda)} \quad (5)$$

Note: The refractive index is equal to the ratio of the sine of the angle of incidence ξ_1 to the sine of the angle of refraction ξ_2

at the passage of a bundle of rays through the interface between the vacuum and the material

$$n(\lambda) = \sin \varepsilon_1 / \sin \varepsilon_2(\lambda) \quad (6)$$

4.2 Complex refractive index

In the case of absorbent isotropic materials, the refraction law only applies in complex form.

Formula symbol: $n^*(\lambda)$

Spectral complex refractive index $n^*(\lambda) = n(\lambda) - i\kappa(\lambda)$ (7)

$\kappa(\lambda)$ spectral absorption number
(see subclause 8.5)

5 Dispersion

Dispersion within the meaning of radiation physics and of light technology means the deflection of a bundle of rays in many directions through a material (surface and/or volume), but without any change of wave length. Note: the dispersed radiation exhibits a continuous spatial distribution.

A completely matt (dull) white material is a material with a uniform dispersion, which reflects (transmits) the radiation independently of the angle, and the degree of reflection (degree of transmission) of which has a value of 1.

5.1 Dispersion power (of a surface which reflects or transmits dispersively)

Ratio of mean value of the luminances (per unit area) at 20° and 70° (0.35 rad and 1.22 rad) to the luminance at 5° (0.09 rad), with a perpendicular incidence of the light.

Formula symbol: σ

$$\sigma = \frac{L(20) + L(70)}{2 L(5)} \quad (8)$$

Note 1: The dispersion power is intended to provide an indication about the spatial distribution of the dispersed light flux. It is equal to 1 for all materials exhibiting a uniform dispersion, irrespectively of the degree of dispersed reflection (transmission).

Note 2: This kind of definition is only intended to be used for materials, the dispersion indicatrix of which does not deviate appreciably from that of conventional opal glass

5.2 Half value angle (for a dispersively reflecting or transmitting surface)

Angle of reflected radiation for which the luminance L_{γ} of the dispersively radiating surface exhibits half the value of the luminance L_0 at the reflected radiation angle of 0° , with a perpendicular light incidence.

Formula symbol: γ

$$L_{\gamma} = \frac{1}{2} L_0 \quad (9)$$

Note: In order to characterize the dispersion indicatrix, it is recommended to use the dispersion power σ in the case of materials which are highly dispersive, and to use the half value angle γ in the case of materials which are weakly dispersive.

5.3 Spectral dispersion coefficient (in a dispersive material for a quasi parallel bundle of rays)

Ratio of the relative decrease of spectral radial intensity per unit area L of a quasi parallel bundle of rays which penetrates at right angles through a layer of infinitesimal thickness as a result of dispersion, to the thickness dl of said layer.

Formula symbol: $s(\lambda)$

$$s(\lambda) = \frac{1}{L\lambda} \cdot \frac{dL}{dl} \quad (10)$$

Unit: cm^{-1}

Note: The spectral dispersion coefficient is that portion of the spec-

tral attenuation coefficient (see subclause 8.7) which is caused by dispersion.

6 Reflection

6.1 Degree of reflection

Ratio of the reflected radiation capacity (of the reflected light flux) to the incident radiation capacity (incident light flux).

Formula symbol: ϱ

$$\text{Spectral degree of reflection } \varrho(\lambda) = \frac{\Phi_{e\lambda} \varrho}{\Phi_{e\lambda}} \quad (11)$$

Where:

$\Phi_{e\lambda} \varrho$ is the reflected spectral radiation capacity, and
 $\Phi_{e\lambda}$ is the incident radiation capacity

general degree of reflection

$$\varrho_s = \frac{\int_0^\infty \Phi_{e\lambda} \cdot \varrho(\lambda) \cdot s(\lambda)_{rel} \cdot d\lambda}{\int_0^\infty \Phi_{e\lambda} \cdot s(\lambda)_{rel} \cdot d\lambda} \quad (12)$$

light degree of reflection (or light reflectance degree)

$$\varrho = \frac{\Phi_0}{\Phi} = \frac{\int_0^\infty \Phi_{e\lambda} \cdot \varrho(\lambda) \cdot V(\lambda) \cdot d\lambda}{\int_0^\infty \Phi_{e\lambda} \cdot V(\lambda) \cdot d\lambda} \quad (13)$$

Note 1: The radiation falling upon a material may be reflected directionally, diffusely (dispersively) or in mixed fashion.

Note 2: In the case of mixed reflection, the degree of reflection consists of two portions: the degree of directional reflection and the degree of diffuse reflection, corresponding to the two kinds of reflection defined in subclauses 6.1.1 and 6.1.2 below.

$$\varrho = \varrho_r + \varrho_d \quad (14)$$

6.1.1 Degree of directional reflection

Ratio of that radiation capacity (of that light flux) in respect of which the photometric distance law applies after reflection from the virtual image of the radiation source (light source), to the incident radiation capacity (to the incident light flux).

Formula symbol: ϱ_r

6.1.2 Degree of diffuse reflection

Ratio of that radiation capacity (of that light flux) in respect of which the photometric distance law applies after reflection from the reflecting material, to the incident radiation capacity (to the incident light flux).

Formula symbol ϱ_d

6.2 Degree of self reflection

Degree of reflection of a material, the layer thickness of which is so great that any further increase in this thickness will have no additional effect on the value of the degree of reflection.

Formula symbol: ϱ_∞

6.3 Optical density on reflection

Decadic logarithm of the reciprocal value of the degree of reflection.

Formula symbol: D

spectral optical density on reflection

$$D(\lambda) = \lg \frac{1}{\varrho(\lambda)} \quad (15)$$

6.4 Spectral Fresnel degree of reflection

If the interfaces of an optically transparent, absorbent material (refractive index n , absorption number κ) are completely smooth and do not exhibit any disturbing surface layers, it will be possible to calculate the Fresnel degree of reflection $\bar{\varrho}_p(\lambda)$ and $\bar{\varrho}_s(\lambda)$ for the two portions of radiation capacity which emanate from the electrical field intensities

vibrating parallel to and perpendicular to the plane of incidence.

If the radiation falls upon the material from the vacuum at the angle ϵ_1 , then we have the following relationships for a non-absorbent material ($\mathcal{K} = 0$) (in the following equations, the reference to the spectral nature of the magnitudes has been omitted, and ϵ_2 is obtained from equation (6))

$$\bar{\rho}_p = \left[\frac{n^2 \cdot \cos \epsilon_1 - (n^2 - \sin^2 \epsilon_1)^{1/2}}{n^2 \cdot \cos \epsilon_1 + (n^2 - \sin^2 \epsilon_1)^{1/2}} \right]^2 = \frac{\tan^2(\epsilon_1 - \epsilon_2)}{\tan^2(\epsilon_1 + \epsilon_2)} \quad (16)$$

$$\bar{\rho}_s = \left[\frac{\cos \epsilon_1 - (n^2 - \sin^2 \epsilon_1)^{1/2}}{\cos \epsilon_1 + (n^2 - \sin^2 \epsilon_1)^{1/2}} \right]^2 = \frac{\sin^2(\epsilon_1 - \epsilon_2)}{\sin^2(\epsilon_1 + \epsilon_2)} \quad (17)$$

For a non-polarized radiation, the total Fresnel degree of radiation $\bar{\rho}_t$ becomes:

$$\bar{\rho}_t = \frac{1}{2}(\bar{\rho}_s + \bar{\rho}_p) \quad (18)$$

For an angle of radiation incidence $\epsilon_1 = 0$ (subscript 0), equations 16 and 17 are identical.

$$\bar{\rho}_0 = \bar{\rho}_{t,0} = \bar{\rho}_{s,0} = \bar{\rho}_{p,0} = \left[\frac{n-1}{n+1} \right]^2 \quad (19)$$

For a semi-infinite diffuse non-polarized radiation inciding from the vacuum with constant spectral radial intensity per unit area, a formula for the Fresnel degree of reflection $\bar{\rho}_d$ is given in the bibliography (2)

6.5 Radial intensity per unit area factor (luminance factor)

(on an area element on the surface of a non-self radiating (non-luminescent) reflecting material, in one direction, under given irradiation (illumination) conditions)

Ratio of the radial intensity per unit area (of the luminance) of the material concerned to the radial intensity per unit area (the luminance) of the completely matt white material on reflection, irradiated (illuminated) in the same way.

Formula symbol: β

Spectral radial intensity per unit area factor

$$\beta(\lambda) = \frac{L_{e\lambda}}{L_{e\lambda w}} \quad (20)$$

where:

$L_{e\lambda}$ is the spectral radial intensity per unit area of the material

$L_{e\lambda w}$ is the spectral radial intensity per unit area of the completely matt white material

General radial intensity per unit area factor

$$\beta_s = \frac{\int_0^\infty L_{e\lambda} \cdot s(\lambda)_{rel} \cdot d\lambda}{\int_0^\infty L_{e\lambda w} \cdot s(\lambda)_{rel} \cdot d\lambda} = \frac{\int_0^\infty L_{e\lambda w} \cdot \beta(\lambda) \cdot s(\lambda)_{rel} \cdot d\lambda}{\int_0^\infty L_{e\lambda w} \cdot s(\lambda)_{rel} \cdot d\lambda} \quad (21)$$

Luminance factor

$$\beta = \frac{L}{L_w} = \frac{\int_0^\infty L_{e\lambda w} \cdot \beta(\lambda) \cdot V(\lambda) \cdot d\lambda}{\int_0^\infty L_{e\lambda w} \cdot V(\lambda) \cdot d\lambda} \quad (22)$$

The radial intensity per unit area factor (the luminance factor) is only meaningful in respect of diffuse radiation.

Note: Previously in the case of reflection, the radial intensity per unit area factor was also designated "degree of diffuse reflectance". However the concept of degree of diffuse reflectance was also defined and used in connection with other magnitudes. Following on the introduction of the reflection factor (see subclause 6.9) the not very clear-cut concept of "degree of diffuse reflectance" should be avoided in future.

6.5.1 In the case of luminescent materials, the radial intensity per unit area factor (the luminance factor) is composed of two portions: the reflection radial intensity per unit area factor (the reflection luminance factor) β_S and the luminescence radial intensity per unit area factor (the luminescence luminance factor) β_L .

$$\beta_T = \beta_S + \beta_L \quad (23)$$

6.5.1.1 Reflection radial intensity per unit area factor
(reflection luminance factor)

(on an elemental area on the surface of a material, in one direction, under given irradiation (illumination) conditions)

Ratio of the radial intensity per unit area (of the luminance) resulting from the reflection from the material to the radial intensity per unit area (to the luminance) of a completely matt white material on reflection, irradiated (illuminated) in the same way.

Formula symbol: β_S

6.5.1.2 Luminescence radial intensity per unit area factor
(luminescence luminance factor)

(on an elemental area on the surface of a material, in one direction, under given irradiation (illumination) conditions)

Ratio of the radial intensity per unit area (of the luminance) resulting from the luminescence of the material to the radial intensity per unit area (to the luminance) of a completely matt white material on reflection, irradiated (illuminated) in the same way.

Formula symbol: β_L

Note: the spectral luminescence radial intensity per unit area factor is a characteristic number which is dependent to a large extent on the radiation function of the incident radiation.

6.6 Radial intensity per unit area coefficient (luminance coefficient)
(on an elemental area on the surface of a non-self radiating (non-luminescent) reflecting material, in one direction, under given irradiation)

(illumination) conditions)

Ratio of the radial intensity per unit area (of the luminance) of the material to the intensity of irradiation (intensity of illumination) on the material.

Formula symbol: q

Spectral radial intensity per unit area coefficient

$$q(\lambda) = \frac{L_\lambda}{E_\lambda} \quad (24)$$

Where:

L_λ is the spectral radial intensity per unit area of the material, and
 E_λ is the spectral irradiation intensity on the material

Unit: sr^{-1}

Note: In the case of irradiation from one direction only, the spectral radial intensity per unit area coefficient is also designated under the name of spectral reflection function $\rho_r(\lambda)$. The reflection function describes the reflection properties of a material for each pair of incidence and reflection directions. Its numerical values are therefore independent of the spatial distribution of the irradiation.

$$\text{Luminance coefficient } q = \frac{L}{E} \quad (25)$$

The radial intensity per unit area coefficient (the luminance coefficient) is only meaningful in respect of diffuse radiation.

6.7 Reflection value (of a(retro) reflector)

Ratio of the luminous intensity of the light reflected in a given direction to the intensity of illumination for a perpendicular incidence of the light onto the retro reflector, for given light incidence, observation and twisting angles.

The observation angle is the angle between the direction of light incidence and the direction of observation. The twisting angle is the angle through which the test piece is twisted (rotated) about its median perpendicular axis, starting from an arbitrarily selected position.

Formula symbol ²⁾: R

$$R = \frac{I_{\xi}}{E_{\perp}} \quad (26)$$

Where:

I_{ξ} is the luminous intensity at the angle of reflected radiation ξ

E_{\perp} is the intensity of illumination for a perpendicular incidence of the light at the location of the retro reflector.

Note 1: Reflection values can only be determined in a meaningful way if retroreflection occurs. Retroreflection is characterized by the fact that the incident radiation is reflected in directions which lie very close to the direction of incidence, and which are independent of the latter to a great extent.

Note 2: In the photometry of retroreflectors, this quotient is designated C.I.L. It is usually specified in millicandela per lux ($\text{mcd} \cdot \text{lx}^{-1}$).

Note 3: The plane of incidence of the light (the plane which encompasses both the surface normal and the direction of incidence of the light) and the plane of reflected radiation (the plane which encompasses both the surface normal and the direction of observation) must be situated at right angles to one another.

Note 4: When carrying out measurements on retroreflectors, steps must be taken to ensure that the aperture angles of the measuring layout are sufficiently small.

6.8 Specific reflection value

Ratio of the luminous intensity of the retro-reflecting material in a

2) The formula symbol R is used internationally both for the reflection value and for the reflection factor (see subclause 6.9). Because no possibilities of confusion are anticipated in this regard, it was decided to abide by this arrangement.

given direction to the intensity of illumination under perpendicular incidence of the light upon the retro-reflecting material multiplied by the area of the retro-reflecting material, for given light incidence, observation and twisting angles.

Formula symbol 3): R'

$$R' = \frac{I_{\varepsilon_2}}{E_{\perp} \cdot A} \quad (27)$$

Where:

I_{ε_2} is the luminous intensity at the angle of reflected radiation ε_2
 E_{\perp} is the intensity of illumination for a perpendicular incidence of the light at the location of the retro-reflecting material
 A is the area of retro-reflecting material

Note 1: The direction of incidence of the light and of observation and the surface normal of the retro-reflecting material lie in one plane.

Note 2: The specific reflection value of retro-reflecting materials is usually expressed in $\text{cd} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{lx}^{-1}$.

Note 3: The luminance coefficient is obtained by multiplying the specific reflection value R' by the factor $(\cos \varepsilon_1 \cdot \cos \varepsilon_2)^{-1}$.

$$q = R' (\cos \varepsilon_1 \cdot \cos \varepsilon_2)^{-1} \approx R' \cos^{-2} \varepsilon_1 \quad (28)$$

Note 4: When carrying out measurements on retro-reflecting materials, steps must be taken to ensure that the aperture angles of the measuring layout are sufficiently small.

3) The formula symbol R' is used internationally both for the specific reflection value and for the reflectometer value (see subclause 6.10).

Because no possibilities of confusion are anticipated in this regard, it was decided to abide by this arrangement.

6.9 Reflection factor

(on an elemental area of a surface, for that portion of the reflected radiation which is contained in a given solid angle with the origin of that element of the surface, and for an incident radiation of a given spectral composition and of a given geometrical distribution)

Ratio of the reflected radiation capacity (of the reflected light flux) in a given solid angle to the radiation capacity (to the light flux) which is reflected in the same solid angle through the completely matt white material irradiated (illuminated) in the same way.

Formula symbol²⁾: R

Note 1: In the case of directional and tightly bunched reflecting surfaces which are irradiated (illuminated) by a radiation source with a small solid angle, the reflection factor may be greater than unity (1) if the solid angle in which the measurement is made contains the reflected image of the radiation source. In this case, the numerical value of the reflection factor determined with the aid of a measuring appliance will be dependent on the measuring geometry (or, to be more precise, on the dimensions of the test piece and on the distances between the source of radiation and the test piece, and between the test piece and the receiver), if the size of the test piece is not small enough, and if the total directional reflected radiation capacity (the total directional reflected light flux) does not impinge on the receiver.

Note 2: When the magnitude of the solid angle in which the measurement is made assumes the value 2π sr, the reflection factor passes over into the degree of reflection. In this case, the directional portion of the reflection (if there is one) must be encompassed as well. If the directional portion is excluded with the aid of a gloss trap, the reflection factor will pass over into the degree of diffuse reflection.

Note 3: When the solid angle in which the measurement is made has the value 0sr , the reflection factor passes over into the radial intensity per unit area factor (into the luminance factor) if no directional

portion of the reflection arises in the direction of measurement.

Note 4: In many cases the reflectometer value (see subclause 6.10) can be used in lieu of the reflection factor.

6.10 Reflectometer value

A value measured with the aid of a given reflectometer.

Formula symbol ³⁾: R'

The instrument used for the measurement must be specified.

Note: The reflectometer value will as a general rule be dependent on the measuring geometry of the instrument, on the nature of the light of the illuminating light, on the relative spectral sensitivity of the receiver (taking into account the filters used) and on the standard used. If necessary, details in this respect must be specified.

7 Transmission

7.1 Degree of transmission

Ratio of the transmitted radiation capacity (of the transmitted light flux) to the incident radiation capacity (to the incident light flux).

Formula symbol: τ

Spectral degree of transmission

$$\tau(\lambda) = \frac{\Phi_{e\lambda\tau}}{\Phi_{e\lambda}} \quad (29)$$

Where:

$\Phi_{e\lambda\tau}$ is the transmitted spectral radiation capacity

$\Phi_{e\lambda}$ is the incident spectral radiation capacity

general degree of transmission

(30)

$$\tau_s = \frac{\int_0^\infty \Phi_{e\lambda} \cdot \tau(\lambda) \cdot s(\lambda)_{rel} \cdot d\lambda}{\int_0^\infty \Phi_{e\lambda} \cdot s(\lambda)_{rel} \cdot d\lambda}$$

degree of light transmission

(31)

$$\tau = \frac{\Phi_\tau}{\Phi} = \frac{\int_0^\infty \Phi_{e\lambda} \cdot \tau(\lambda) \cdot V(\lambda) \cdot d\lambda}{\int_0^\infty \Phi_{e\lambda} \cdot V(\lambda) \cdot d\lambda}$$

Note 1: The radiation passing through a material can be transmitted directionally, diffusely or in mixed fashion.

Note 2: In the case of mixed transmission, the degree of transmission consists of two portions: the degree of directional transmission τ_r and the degree of diffuse transmission τ_d , corresponding to the two kinds of transmission defined in subclauses 7.1.1 and 7.1.2 below.

$$\tau = \tau_r + \tau_d \quad (32)$$

7.1.1 Degree of directional transmission

Ratio of that radiation capacity (of that light flux) in respect of which the photometric distance law applies after passage through the material from the source of radiation (from the light source) or from its image respectively, to the incident radiation capacity (to the incident light flux).

Formula symbol: τ_r

7.1.2 Degree of diffuse transmission

Ratio of that radiation capacity (of that light flux) in respect of which the photometric distance law applies after passage through the material from the material to the incident radiation capacity (to the incident light flux).

Formula symbol: τ_d

7.2 Opacity

Opacity in %, within the meaning of this Standard, is the ratio of the degree of diffuse transmission to the degree of transmission.

Formula symbol: T

$$T = \frac{\tau_d}{\tau} \cdot 100 \quad (33)$$

Note: Opacity is often specified in the form of the ratio of the degrees of light transmission τ_d and τ for illumination by means of the standard illuminant C (see DIN 5033 Part 7). It is only a meaningful characteristic factor if $T \leq 30\%$.

7.3 Spectral pure transmission degree

(of a homogeneous non-dispersive layer)

Ratio of the spectral radiation capacity (Φ_{λ}) ex which reaches the emergence (exit) surface of the layer; to the spectral radiation capacity (Φ_{λ}) in which has penetrated through the entry surface.

Formula symbol: $\tau_i(\lambda)$

(34)

$$\tau_i(\lambda) = \frac{(\Phi_{\lambda})_{\text{ex}}}{(\Phi_{\lambda})_{\text{in}}}$$

Note: For a given layer, the spectral pure transmission degree will depend on the length of the path travelled through the layer by the radiation, and in particular therefore on the angle of incidence and on the layer thickness.

7.4 Radial intensity per unit area factor

The same definitions as those applying to the radial intensity per unit area factor for reflection (see subclause 6.5) also apply to the radial intensity per unit area factor for transmission, except that the term "reflection" should be replaced by the term "transmission" as appropriate.

7.5 Radial intensity per unit area coefficient

The same definitions as those applying to the radial intensity per unit area coefficient for reflection (see subclause 6.6) also apply to the radial intensity per unit area coefficient for transmission, except that the term "reflection" should be replaced by the term "transmission" as appropriate.

Correspondingly the note of subclause 6.6 also applies to the spectral transmission function with the formula symbol $\gamma_t(\lambda)$.

7.6 Transmission factor

The same definitions as those applying to the reflection factor (see subclause 6.9) also apply to the transmission factor, except that the term "reflection factor" should be replaced by the term "transmission factor" with the formula symbol T as appropriate.

7.7 Transmissometer value

The same definition as that applying to the reflectometer value (see section 6.10) also applies to the transmissometer value, except that the term "reflectometer value" should be replaced by the term "transmissometer value" with the formula symbol T' as appropriate.

7.8 Optical density on transmission

Decadic logarithm of the reciprocal value of the degree of transmission.

Formula symbol: D

Spectral optical density on transmission

$$D(\lambda) = \lg \frac{1}{T(\lambda)} \quad (35)$$

8 Absorption8.1 Degree of absorption

Ratio of the absorbed radiation capacity (of the absorbed light flux) to the incident radiation capacity (to the incident light flux).

Formula symbol: α

Spectral degree of absorption

$$\alpha(\lambda) = \frac{\Phi_{e\lambda\alpha}}{\Phi_{e\lambda}} \quad (36)$$

Where:

$\Phi_{e\lambda\alpha}$ is the absorbed spectral radiation capacity, and

$\Phi_{e\lambda}$ is the incident spectral radiation capacity

General degree of absorption

$$\alpha_s = \frac{\int_0^{\infty} \Phi_{e\lambda} \cdot \alpha(\lambda) \cdot S(\lambda)_{\text{rel}} \cdot d\lambda}{\int_0^{\infty} \Phi_{e\lambda} \cdot S(\lambda)_{\text{rel}} \cdot d\lambda} \quad (37)$$

Degree of light absorption

$$\alpha = \frac{\Phi_a}{\Phi} = \frac{\int_0^{\infty} \Phi_{e\lambda} \cdot \alpha(\lambda) \cdot V(\lambda) \cdot d\lambda}{\int_0^{\infty} \Phi_{e\lambda} \cdot V(\lambda) \cdot d\lambda} \quad (38)$$

8.2 Spectral decadic absorption rate (decadic extinction)

Decadic logarithm of the reciprocal value of the spectral pure transmission degree

Formula symbol: $A(\lambda)$

$$A(\lambda) = \lg \frac{1}{\tau_i(\lambda)} \quad (39)$$

Note 1: The formula symbol $E(\lambda)$ is also continuing in use.

Note 2: Occasionally the natural logarithm is used in place of the decadic logarithm. In this case, the term used is "spectral natural absorption rate"

$$A_n(\lambda) = \ln \frac{1}{\tau_i(\lambda)} \quad (40)$$

8.3 Spectral pure absorption degree (of a homogeneous non-dispersive layer)

Ratio of the spectral radiation capacity which is absorbed between the entry surface and the exit surface of the layer, to the spectral radiation capacity which has penetrated through the entry surface.

Formula symbol: $\alpha_i(\lambda)$

$$\alpha_i(\lambda) = \frac{(\Phi\lambda)_{\text{in}} - (\Phi\lambda)_{\text{ex}}}{(\Phi\lambda)_{\text{in}}} \quad (41)$$

Where:

$(\Phi\lambda)_{\text{in}}$ is the spectral radiation capacity which has penetrated in, and
 $(\Phi\lambda)_{\text{ex}}$ is the spectral radiation capacity which has emerged

8.4 Spectral absorption coefficient (for an absorbent medium)

Ratio of the spectral decadic absorption rate $A(\lambda)$ to the length of the path l travelled by the radiation.

Formula symbol: $a(\lambda)$

$$a(\lambda) = \frac{A(\lambda)}{l} = \frac{1}{l} \cdot \lg \frac{1}{\tau_i(\lambda)} \quad (42)$$

Unit: cm^{-1}

Note 1: If one proceeds from the spectral natural absorption rate $A_n(\lambda)$ (see subclause 8.2 Note 2) in lieu of the spectral decadic absorption rate $A(\lambda)$, one obtains the spectral natural absorption coefficient $a_n(\lambda)$.

Note 2: The spectral absorption coefficient $a_n(\lambda)$ is that portion of the spectral attenuation coefficient (see subclause 8.7) which is brought about by absorption.

8.5 Spectral absorption number

The spectral absorption number replaces the spectral absorption coefficient in the case of highly absorbent material.

Formula symbol: $\mathcal{K}(\lambda)$

$$\mathcal{K}(\lambda) = \frac{\lambda}{4\pi} \cdot a_n(\lambda) \quad (43)$$

8.6 Related absorption coefficients

If one relates to the concentration, in the case of solutions of an absorbent material in non-absorbent solvents, one obtains the related spectral absorption coefficients defined hereafter. These coefficients, according to Beer's law, are characteristic numbers of the dissolved material, in so far as the state of association and the state of solvation of the latter are not dependent on the solvent and on the concentration.

If one proceeds from the spectral material absorption rate $A_n(\lambda)$ (see subclause 8.2, Note 2) in the case of the following characteristic factors, or from the spectral natural absorption coefficient $a_n(\lambda)$ respectively (see subclause 8.4, Note 1), in lieu of $A(\lambda)$ or $a(\lambda)$ respectively, one obtains "natural" in lieu of "decadic" magnitudes.

8.6.1 (Related) spectral molar decadic absorption coefficient

Ratio of the spectral absorption coefficient $a(\lambda)$ to the molar concentration c of a solution of an absorbent material in a non-absorbent solvent.

Formula symbol: $a_c(\lambda)$

$$a_c(\lambda) = \frac{a(\lambda)}{c} = \frac{1}{c} \cdot \frac{A(\lambda)}{l} = \frac{1}{c \cdot l} \cdot \lg \frac{1}{\tau_i(\lambda)} \quad (44)$$

Unit: $l \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$ ($l = \text{litre}$)

8.6.2 (Related) spectral decadic absorption coefficient

Ratio of the spectral absorption coefficient $a(\lambda)$ to the mass concentration c' of the solution of an absorbent material in a non-absorbent solvent.

Formula symbol: $a_{c'}(\lambda)$

$$a_{c'}(\lambda) = \frac{a(\lambda)}{c'} = \frac{1}{c'} \cdot \frac{A(\lambda)}{l} = \frac{1}{c' \cdot l} \cdot \lg \frac{1}{\tau_i(\lambda)} \quad (45)$$

Unit: $l \cdot g \cdot \text{cm}^{-1}$

8.6.3 (Related) spectral mass absorption coefficient

Ratio of the spectral absorption coefficient $a(\lambda)$ to the mass density ρ of the material.

8.6.4 Spectral volume-related absorption coefficient

Ratio of the spectral absorption coefficient $a(\lambda)$ to the percentage by volume c_v of a pigment - or to the hundredth part of the volume concentration of the pigment ($PVK = 100 c_v$) - in a non-absorbent binder.

8.7 Spectral attenuation coefficient

(in an absorbent and dispersive material, for a quasi-parallel bundle of rays)

Ratio of the relative decrease of the spectral radial intensity per unit area of a quasi-parallel bundle of rays which penetrates at right angles through a layer of infinitesimal thickness, to the thickness dl of said layer (see subclause 5.3).

$$\mu(\lambda) = \frac{1}{L \lambda} \cdot \frac{dL\lambda}{dl} \quad (46)$$

Unit: cm^{-1}

Note 1: The spectral attenuation coefficient is

$$\mu(\lambda) = a_n(\lambda) + s(\lambda) \quad (47)$$

Note 2: $\mu(\lambda)/\rho$ is known as the spectral mass attenuation coefficient, where ρ is the mass density of the material.

9 Emission

9.1 Semi-infinite degree of emission

(of an incandescent luminous radiator or thermal radiator)

Ratio of the specific emissive radiation of the incandescent luminous radiator concerned to the specific emissive radiation of the Planckian (black) radiator of the same temperature.

Formula symbol: ε

spectral semi-infinite degree of emission

$$\varepsilon(\lambda) = \frac{M\lambda}{M\lambda_P} \quad (48)$$

where:

$M\lambda$ is the spectral specific emissive radiation of the incandescent luminous radiator concerned

$M\lambda_P$ is the spectral specific emissive radiation of the Planckian radiator

9.2 (Directional) degree of emission

(of an incandescent luminous radiator or thermal radiator)

Ratio of the radial intensity per unit area of the incandescent luminous radiator concerned in one direction, to the radial intensity per unit area in the same direction of the Planckian (black) radiator of the same temperature.

Formula symbol: $\varepsilon(\vartheta, \varphi)$

ϑ, φ are the angle coordinates of the direction concerned

spectral (directional) degree of emission

$$\varepsilon(\lambda, \vartheta, \varphi) = \frac{L\lambda}{L\lambda_P} \quad (49)$$

where:

$L\lambda$ is the spectral radial intensity per unit area of the incandescent luminous radiator concerned

$L\lambda_P$ is the spectral radial intensity per unit area of the Planckian radiator.

10 Relationships between radiometric and photometric characteristic numbers

The following relationships exist between the characteristic factors for the same incidence of radiation in each case:

$$\rho + \alpha + \tau = 1 \quad (50)$$

$$\rho = \rho_r + \rho_d \quad (14)$$

$$\tau = \tau_r + \tau_d \quad (32)$$

$$\beta = \pi \Omega_0 \cdot q \quad (51)$$

$$\rho = \frac{1}{\pi \Omega_0} \int_{2\pi \Omega_0} \beta_\rho \cdot \cos \varepsilon_2 \cdot d\Omega \quad (52)$$

$$\tau = \frac{1}{\pi \Omega_0} \int_{2\pi \Omega_0} \beta_\tau \cdot \cos \varepsilon_2 \cdot d\Omega \quad (53)$$

$$R' = \frac{\beta}{\pi \Omega_0} \cdot \cos \varepsilon_1 \cdot \cos \varepsilon_2 \quad (54)$$

where:

$\Omega_0 = 1$ sr (unitary solid angle)

$2\pi \Omega_0$ Integration over the hemisphere (half-space)

β_ρ Radial intensity per unit area factor (luminance factor) for reflection

β_τ Radial intensity per unit area factor (luminance factor) for transmission

R' specific reflection value³⁾

In cases where the spatial distribution of the luminance factor can be described by means of a formula, further relationships exist.

Bibliography

- (1) "Radiometric and photometric characteristic factors of materials and measurement of same" CIE Publication No. 38 (TC-2.3) 1977
- (2) Billmeyer, F.W. jr. and D.H. Alman: Exact calculation of Fresnel reflection coefficients for diffuse light. J. Color and Appearance 2 (1973), No.1, pages 36-38

3) See page 16

Further Standards

DIN 1349 Part 1 Passage of optical radiation through media; optically transparent substances, magnitudes, formula symbols and units

DIN 1349 Part 2 Passage of optical radiation through media; optically opaque substances, definitions

DIN 5031 Part 1 to Part 7 Radiation physics in the optical range and photometry

DIN 5033 Part 7 Colorimetry; measuring conditions for pigments

Strahlungsphysikalische und lichttechnische Eigenschaften von Materialien

Meßverfahren für lichttechnische und spektrale strahlungsphysikalische Kennzahlen

DIN
5036
Teil 3

Radiometric and photometric properties of materials; methods of measurement for photometric and spectral radiometric characteristics

DIN 5036 Strahlungsphysikalische und lichttechnische Eigenschaften von Materialien umfaßt folgende Teile:

Teil 1 Begriffe, Kennzahlen

Teil 3 Meßverfahren für lichttechnische und spektrale strahlungsphysikalische Kennzahlen

Teil 4 Klasseneinteilung

Beiblatt Inhaltsverzeichnis und Stichwortverzeichnis

1 Allgemeines

Es gibt mehrere Meßverfahren für die verschiedenen lichttechnischen und spektralen Kennzahlen. Einige dieser Verfahren sind genauer als andere, einige sind meßtechnisch einfacher als andere. In dieser Norm ist für jede Kennzahl ein Beispiel für ein genaueres Meßverfahren beschrieben. Es muß beachtet werden, daß die beschriebenen Meßverfahren nicht notwendigerweise auch die genauesten oder einfachsten sein müssen. Andere Meßverfahren können durchaus genauer oder schneller durchführbar oder einfacher in Bezug auf instrumentellen Aufbau oder Bedienung sein.

Alle Verfahren lassen sich für spektrale, allgemeine und lichttechnische Kennzahlen anwenden. Die Bevorzugung einer bestimmten Empfänger-Empfindlichkeit im folgenden Text dient lediglich der besseren Verständlichkeit.

2 Arten der Reflexionsmessungen

Es gibt im Prinzip neun verschiedene Meßgeometrien für die Reflexionsmessung (Tabelle 1). Sie bestehen aus allen möglichen Kombinationen, bei denen die einfallende und die reflektierte Strahlung gerichtet (quasiparallel), innerhalb eines mehr oder weniger großen Raumwinkels (konisch) oder halbräumlich ist. Die halbräumlichen Meßmethoden können mit der Ulbrichtschen Kugel durchgeführt werden.

3 Arten der Transmissionsmessung

Analog zu den Reflexionsmessungen (Tabelle 1) gibt es neun verschiedene Meßgeometrien für die Transmissionsmessung.

Tabelle 1: Werte von 9 Arten der Reflexions-Messung für das vollkommen mattweiße Material

Art der Meßgeometrie	Meßgröße	Formelzeichen	Wert für vollkommen mattweißes Material
halbräumlich/halbräumlich	Reflexionsgrad	ϱ_{dif}	1
halbräumlich/konisch	Reflexionsfaktor	R_{dif}	1
halbräumlich/gerichtet	Strahldichtefaktor	β_{dif}	1
konisch/halbräumlich	Reflexionsgrad	ϱ_{k}	1
konisch/konisch	Reflexionsfaktor	R_{k}	1
konisch/gerichtet	Strahldichtefaktor	β_{k}	1
gerichtet/halbräumlich	Reflexionsgrad	ϱ_{g}	1
gerichtet/konisch	Reflexionsfaktor	R_{g}	1
gerichtet/gerichtet	Strahldichtefaktor	β_{g}	1

dif diffuser Strahlungseinfall (mit $2\sigma_1 = 180^\circ$)
k (Index) konischer Strahlungseinfall, zu kennzeichnen durch die Größe und Form des Raumwinkels des Bündels und seine Lage zur Probennormalen (Winkel ε_1) ($0 < 2\sigma_1 < 180^\circ$)
g (Index) gerichteter quasiparalleler Strahlungseinfall zu kennzeichnen wie bei k (mit $2\sigma_1 \rightarrow 0$)

Fortsetzung Seite 2 bis 8

Normenausschuß Lichttechnik (FNL) im DIN Deutsches Institut für Normung e. V.
Normenausschuß Kinotechnik für Film und Fernsehen (FAKI) im DIN
Normenausschuß Phototechnik (photonorm) im DIN

4 Meßanordnungen mit der Ulbrichtschen Kugel

4.1 Ulbrichtsche Kugel zur Messung von ρ , ρ_d , τ , τ_d und τ_{dif}

Die im folgenden beschriebene Meßanordnung mit einer Ulbrichtschen Kugel eignet sich zur Messung von ρ , ρ_d , τ , τ_d , τ_{dif} (siehe DIN 5036 Teil 1). Wenn die Meßanordnung nur zur Messung einer einzigen Kennzahl verwendet werden soll, kann sie entsprechend vereinfacht werden.

Die Ulbrichtsche Kugel (siehe Bild 1) ist mit 5 Öffnungen zu versehen, von denen die Öffnungen 3, 4 und 5 verschlossen werden können. In einer weiteren Öffnung ist eine mit der Kugelinnenoberfläche abschließende Streuscheibe anzubringen, hinter der sich der lichtempfindliche Empfänger befindet (im allgemeinen ein gemeinsam mit der Streuscheibe an $V(\lambda)$ angepaßtes Si-Photoelement oder ein Spektralphotometer). Der Empfänger ist möglichst dicht neben Öffnung 1 anzubringen.

Ein lichtundurchlässiger kleiner Schatter mit möglichst hohem Reflexionsgrad ist so zwischen der Öffnung 1 und der Streuscheibe des lichtempfindlichen Empfängers vorzusehen, daß kein direktes Licht von einer Probe in Öffnung 1 auf die Streuscheibe fallen kann.

Die Öffnung 2 dient zur wahlweisen Aufnahme der zu messenden Probe oder eines Reflexionsnormales. Die Lage der Öffnung 2 kann wie in Bild 1 gewählt werden. Ihre genaue Positionierung in der Kugel kann jedoch von der eingezeichneten Lage abweichen.

Die Öffnung 3 dient als Lichteintrittsöffnung bei Reflexionsmessungen und wird bei Transmissionsmessungen verschlossen. Die Öffnungen 4 und 5 dienen zur Messung von τ_d und ρ_d und sind sonst verschlossen.

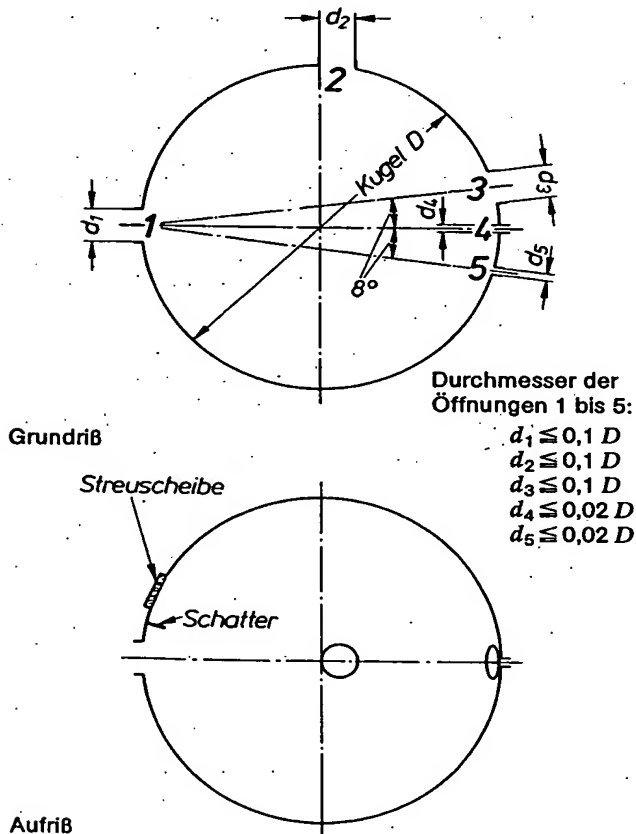


Bild 1. Ulbrichtsche Kugel zur Messung von ρ , ρ_d , τ , τ_d und τ_{dif}

Um die durch die Öffnungen hervorgerufenen Fehler klein zu halten, sollen die Durchmesser d der Öffnungen klein gegenüber dem Kugeldurchmesser D sein. Sie sollen höchstens betragen:

$D/10$ für Öffnungen 1, 2 oder 3

$D/50$ für Öffnung 4 und 5.

Die Öffnungs-ränder sollen möglichst scharfkantig und weiß ausgeführt werden.

Die die Probe aufnehmenden Öffnungen 1 bzw. 2 und damit der Kugeldurchmesser D sollen groß gegen die Oberflächenstruktur und die Dicke der Probe sein. Im übrigen kann der Kugeldurchmesser frei gewählt werden.

Anmerkung: Zur Messung von ρ , ρ_d und τ_d von Proben mit Volumenstreuung oder mit Oberflächenstreuung auf der der Kugel abgewendeten Seite genügt bis zu einer Probendicke von 1 cm ein Öffnungsdurchmesser von 15 cm, wenn die auf der Probe ausgeleuchtete Fläche einen Durchmesser von 2 cm nicht übersteigt. Ein solcher Durchmesser der Öffnung 1 scheint bei einer Kugel mit $D = 50$ cm für ausreichende Meßgenauigkeit noch vertretbar. Bei dickeren Proben muß eine größere Kugel mit entsprechend größerer Öffnung 1 verwendet werden.

Die Innenfläche der Kugel soll möglichst aseptisch mit einem Reflexionsgrad von $\rho \approx 0,8$ sein und diffus reflektieren (siehe DIN 5032 Teil 1).

Die Deckel zur Verschließung der Öffnungen 3, 4 und 5 müssen die gleichen Reflexionseigenschaften wie die Kugelwand aufweisen. Bei den Messungen ist darauf zu achten, daß kein Fremdlicht von außen durch offene Kugelöffnungen in die Kugel eintritt.

4.1.1 Beleuchtungseinrichtung für gerichteten Lichteinfall zur Messung von ρ , ρ_d , τ , τ_d

Zur Messung der Reflexionsgrade ρ und ρ_d sowie der Transmissionsgrade τ und τ_d für gerichteten Lichteinfall ist die Beleuchtungseinrichtung so aufzubauen, daß von einer Lampe (Normlichtart A) ein Strahlenbündel auf die Öffnung 1 fällt, das diese mit einem Durchmesser von höchstens 0,8 des Durchmessers d_1 der Kugelöffnung gleichmäßig ausleuchtet. Der Durchmesser des Strahlenbündels muß für Reflexionsmessungen bei Lichteinfall durch die Öffnung 3 kleiner als der Durchmesser der Öffnung 3 sein. Der doppelte Öffnungswinkel $2\sigma_1$ soll die im Abschnitt 7 „Messung von Leuchtdichtefaktor β und Leuchtdichtekoeffizient q “ angegebenen Werte jedoch nicht übersteigen.

Zur Messung von ρ_d und τ_d soll bei gleichmäßiger Ausleuchtung der Probe in Öffnung 1 der Durchmesser der in Öffnung 4 oder 5 ausgeleuchteten Fläche das 0,8fache dieser Kugelöffnung nicht übersteigen. Vor Beginn der Messungen ist darauf zu achten, daß die optische Achse der Beleuchtungseinrichtung durch die Mitte der jeweils maßgebenden Kugelöffnungen geht.

Zur Messung des Transmissionsgrades τ von streuenden Proben ist die Probe großflächig gerichtet gleichmäßig zu beleuchten. Dazu befindet sich eine Lampe (Normlichtart A) in einem Abstand von der Probe an Öffnung 1, der größer als das 5fache der auszuleuchtenden Probenfläche ist. Die Größe der auszuleuchtenden Probenfläche hängt von der Probendicke ab. Bei einer Probendicke < 1 cm genügt die Ausleuchtung einer Probe mit einem Durchmesser von 20 cm. Bei dickeren Proben muß die ausgeleuchtete Probenfläche entsprechend größer sein.

4.1.2 Beleuchtungseinrichtung für diffusen Lichteinfall zur Messung von τ_{dif}

Zur Messung des Transmissionsgrades τ_{dif} bei diffusem Lichteinfall kann als Beleuchtungseinrichtung eine Kugel (oder Halbkugel) verwendet werden, die die zu messende Probe an der Öffnung 1 mit konstanter Leuchtdichte im

Halbraum auf genügend großer Fläche (Durchmesser wenigstens 20 cm) ausleuchtet. Eine gleichmäßige Leuchtdichte der beleuchtenden Kugel (bzw. Halbkugel) wird durch Lampen erreicht, die in der Kugel angeordnet und gegen die beleuchtete Probenfläche abgeschattet sind. Statt dessen kann auch bei Verwendung eines lichtdurchlässigen streuenden Kugelmaterials die Beleuchtung der beleuchtenden Kugel (bzw. Halbkugel) von außen erfolgen, wobei die Beleuchtungsstärke auf der Kugelaußenwand gleichmäßig sein muß.

Anmerkung: Es ist zu beachten, daß die Probe bzw. die äußere Wand der Meßkugel bei konstantem Lichtstrom der Lampen die Leuchtdichte der Beleuchtungseinrichtung wesentlich beeinflussen kann. Diese ist daher durch geeignete Mittel konstant zu halten.

4.2 Ulbrichtsche Kugel mit Beleuchtungseinrichtung für diffusen Lichteinfall zur Messung von ϱ_{dif}

Zur Messung des Reflexionsgrades ϱ_{dif} bei diffusem Lichteinfall [2] wird eine Kugel (siehe Bild 2) verwendet, die eine Öffnung 1 mit einem Durchmesser von $D/2$ (D = Kugeldurchmesser) für die Probe aufweist. An einer weiteren Öffnung 2 möglichst dicht neben der Öffnung 1 ist eine Streuscheibe bündig mit der Kugellinnenwand anzubringen, hinter der ein lichtempfindlicher Empfänger anzubringen ist (siehe Abschnitt 4.1). Der Durchmesser der vor dem Empfänger angeordneten Streuscheibe soll $D/10$ nicht übersteigen. Ein kleiner lichtundurchlässiger Schatter mit möglichst großem Reflexionsgrad soll direkten Lichteinfall von Öffnung 1 auf die Streuscheibe des Empfängers verhindern. Für die Eigenschaften der Kugelwand gilt die Anmerkung zu Abschnitt 4.1.

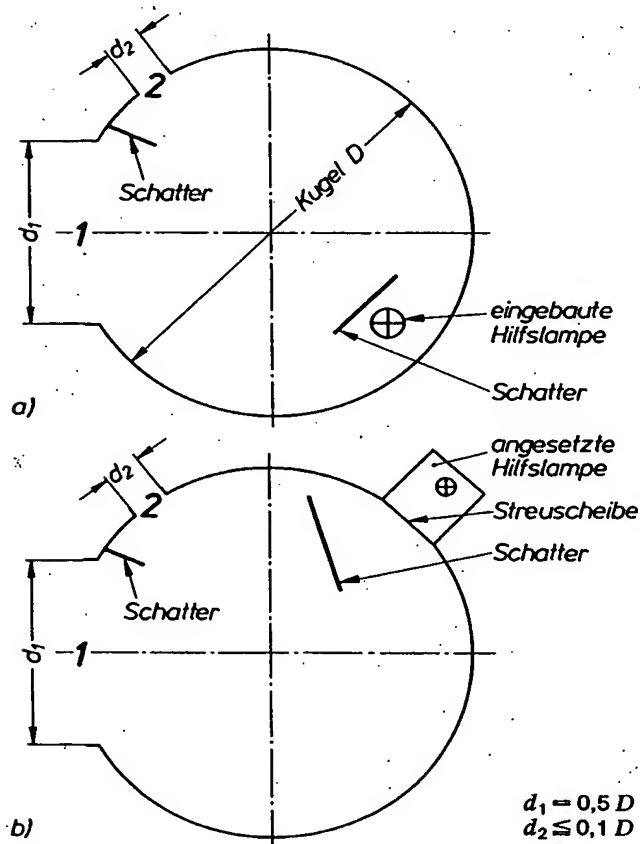


Bild 2. Ulbrichtsche Kugel zur Messung von ϱ_{dif}

Eine angenähert gleichmäßige Leuchtdichte der Kugellinnenwand kann entweder mit einer in der Kugel angebrachten Hilfslampe (siehe Bild 2a) oder durch Beleuchtung einer in der Kugellinnenwand angebrachten lichtdurchlässigen Streuscheibe (siehe Bild 2b) erzeugt werden. Dabei darf kein direktes Licht von Lampe oder Streuscheibe auf die Öffnungen 1 und 2 fallen. Die Lichtart der Beleuchtungseinrichtung ist anzugeben, wenn sie von Normlichtart A abweicht.

5 Messung von ϱ , ϱ_d , ϱ_{dif} , τ , τ_d , τ_{dif}

5.1 Messung des Reflexionsgrades ϱ

Bei der Messung des Reflexionsgrades ϱ bei gerichtetem oder konischem Lichteinfall befindet sich die Probe an Öffnung 1 oder 2 (siehe Bild 1), das zur Messung notwendige Reflexionsnormal (Reflexionsgrad ϱ_N) an Öffnung 2 oder 1 (siehe Tabelle 2). Gemessen werden die relativen Beleuchtungsstärken auf der Streuscheibe des lichtempfindlichen Empfängers:

- E_x bei Lichteinfall auf die Probe an Öffnung 1 (Reflexionsnormal an Öffnung 2)
- E_N bei Lichteinfall auf das Reflexionsnormal an Öffnung 1 (Probe an Öffnung 2)
- E_{streu} bei Lichteinfall auf die freie Öffnung 1 (Reflexionsnormal an Öffnung 2)

$$\varrho = \frac{E_x - E_{\text{streu}}}{E_N - E_{\text{streu}}} \varrho_N \quad (1)$$

5.2 Messung des Grades der gestreuten Reflexion ϱ_d

Zur Messen des Grades der gestreuten Reflexion ϱ_d bei gerichtetem oder konischem Lichteinfall befinden sich nacheinander die Probe an Öffnung 1 oder 2 (siehe Bild 1), das Reflexionsnormal (Reflexionsgrad ϱ_N) an Öffnung 2 oder 1, ein optisch einwandfreier Spiegel an Öffnung 1. Gemessen werden die relativen Beleuchtungsstärken auf der Streuscheibe des lichtempfindlichen Empfängers (siehe Tabelle 2):

- E_x bei Lichteinfall auf die Probe an Öffnung 1 (Reflexionsnormal an Öffnung 2)
- E_N bei Lichteinfall auf das Reflexionsnormal an Öffnung 1 (Probe an Öffnung 2)
- E_{streu} bei Lichteinfall auf die freie Öffnung 1 (Reflexionsnormal an Öffnung 2)
- E_{sp} bei Lichteinfall auf einen Spiegel, der an Stelle der Probe an Öffnung 1 gesetzt wird (Reflexionsnormal an Öffnung 2)

- ϱ Reflexionsgrad der Probe
 - ϱ_N Reflexionsgrad des Reflexionsnormales
- Dann ist:

$$\varrho_d = \frac{E_x - E_{\text{streu}} - \varrho (E_{\text{sp}} - E_{\text{streu}})}{E_N - E_{\text{streu}} - \varrho_N (E_{\text{sp}} - E_{\text{streu}})} \varrho_N \quad (2)$$

5.3 Messung des Reflexionsgrades ϱ_{dif}

Zur Messung des Reflexionsgrades ϱ_{dif} bei diffusem Lichteinfall wird eine Ulbrichtsche Kugel nach Abschnitt 4.2 (siehe Bild 2) verwendet. Gemessen werden die relativen Beleuchtungsstärken auf der Streuscheibe des lichtempfindlichen Empfängers:

- E_0 ohne Probe an Öffnung 1 („schwarze“ Öffnung)
 - E_x mit Probe an Öffnung 1
 - E_N mit Reflexionsnormal an Öffnung 1 (Reflexionsgrad $\varrho_{\text{dif}, N}$)
- Dann gilt:

$$\varrho_{\text{dif}} = \frac{E_x - E_0}{E_N - E_0} \cdot \frac{E_N}{E_x} \cdot \varrho_{\text{dif}, N} \quad (3)$$

5.4 Messung des Transmissionsgrades τ

Zum Messen des Transmissionsgrades τ bei gerichtetem oder konischem Lichteinfall befindet sich die Probe an Öffnung 1 oder 2 (siehe Bild 1). Die Öffnungen 3, 4 und 5 sind geschlossen. Bei gerichtet oder gestreut transmittierenden Proben wird die Öffnung 1 jeweils mit der in Abschnitt 4.1.1 beschriebenen Anordnung beleuchtet.

Gemessen werden die relativen Beleuchtungsstärken auf der Streuscheibe des lichtempfindlichen Empfängers (siehe Tabelle 2):

E_x bei Lichteinfall auf die Probe an Öffnung 1 (Öffnung 2 offen)

E_0 bei Lichteinfall auf die freie Öffnung 1 (Probe an Öffnung 2)

Dann ist:

$$\tau = \frac{E_x}{E_0} \quad (4)$$

5.5 Messung des Grades der gestreuten Transmission τ_d

Zum Messen des Grades der gestreuten Transmission τ_d bei gerichtetem oder konischem Lichteinfall befindet sich die Probe an Öffnung 1 oder 2 (siehe Bild 1). Die Öffnungen 3 und 5 sind geschlossen, die Öffnung 4 ist offen. Es ist besonders darauf zu achten, daß bei der Messung von dickeren streuenden Proben die Öffnung 1 ausreichend groß ist (siehe Anmerkung zu Abschnitt 4.1). Durch die Beleuchtungseinrichtung (siehe Abschnitt 4.1.1) wird die Probe mit möglichst kleinem Durchmesser gleichmäßig und die Öffnung 4 mit einem Durchmesser von nicht größer als $0,8 d_4$ ausgeleuchtet.

Gemessen werden die relativen Beleuchtungsstärken auf der Streuscheibe des lichtempfindlichen Empfängers (siehe Tabelle 2):

E_x bei Lichteinfall auf die Probe an Öffnung 1 (Öffnung 2 offen)

E_0 bei Lichteinfall auf die freie Öffnung 1 (Probe an Öffnung 2)

E_{streu} bei Lichteinfall durch die freie Öffnung 1 (Probe an Öffnung 2)

Dann ist:

$$\tau_d = \frac{E_x - \tau \cdot E_{\text{streu}}}{E_0 - E_{\text{streu}}} \quad (5)$$

5.6 Messung des Transmissionsgrades τ_{dif}

Zur Messung des Transmissionsgrades bei diffusem Lichteinfall dient eine Beleuchtungseinrichtung nach Abschnitt 4.1.1.

Bei einer Messung wie in Abschnitt 5.4 ist

$$\tau_{\text{dif}} = \frac{E_x}{E_0} \quad (6)$$

6 Messung des gerichteten Anteils bei Reflexion und Transmission

6.1 Qualitative Bestimmung

Ein Material hat eine merklich gerichtete Transmission im Sinne der Einteilung (siehe DIN 5036 Teil 4), wenn bei einem Abstand von 40 cm des Beobachters von der Probe eine 15 cm hinter der Probe liegende Fläche von 10 cm^2 , die in Richtung der Normalen eine Leuchtdichte von etwa 10^3 cd/m^2 aufweist und gegen die dunkle Umgebung scharf

abgegrenzt ist, in ihren Umrissen gerade noch erkannt werden kann. Probe und leuchtende Fläche sollen dabei senkrecht zur Blickrichtung liegen. Entsprechendes gilt auch für die merklich gerichtete Reflexion bei einem Lichteinfall von etwa 8° .

Für die angenäherte Beurteilung kann eine mit der Hälfte der Nennspannung betriebene, innen weiß belegte Glühlampe für 60 W benutzt werden, aus der eine kreisförmige Fläche von 10 cm^2 auszublenden ist.

6.2 Messung des Grades der gerichteten Reflexion

6.2.1 Messung bei nicht streuenden Proben

Bei Proben, die das Licht ausschließlich gerichtet reflektieren, ist der Reflexionsgrad ρ mit dem Grad der gerichteten Reflexion ρ_r identisch. Bei diesen Proben kann der Reflexionsgrad, außer in der Ulbrichtschen Kugel, auch mit einer Anordnung nach Bild 3 gemessen werden. Nach Bild 3a wird mit dem Hilfsspiegel in Position A ohne Probe ein Lichtstrom Φ_1 gemessen, der dem auf die Probe auffallenden Lichtstrom proportional ist. Nach Bild 3b wird mit dem Hilfsspiegel in Position B mit Probe ein Lichtstrom Φ_2 gemessen, der dem Quadrat des Reflexionsgrades ρ der Probe proportional ist.

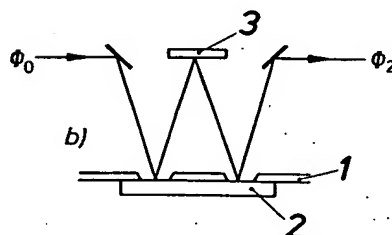
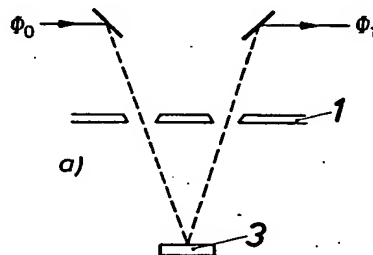
$$\rho_r = \rho = \left[\frac{\Phi_2}{\Phi_1} \right]^{1/2} \quad (7)$$

Anmerkung: Diese Methode ist nur sinnvoll bei der Messung von Proben mit hohem Reflexionsgrad.

6.2.2 Messung bei streuenden Proben

Bei streuenden Proben wird der Grad der gerichteten Reflexion entsprechend dem in Abschnitt 6.3.2 beschriebenen Verfahren bestimmt.

Die Lichtquellenleuchtdichte L_0 wird über einen guten Spiegel mit bekanntem Reflexionsgrad gemessen. Zur Messung von L und L_u wird anstelle des Spiegels die Probe gesetzt. Dann berechnet sich ρ_r entsprechend Gleichung (7).



1 Probenhalter 2 Probe 3 Hilfsspiegel

Bild 3. Meßprinzip für den Grad der gerichteten Reflexion ρ_r

6.3 Messung des Grades der gerichteten Transmission τ_r

6.3.1 Messung bei nicht streuenden Proben

Bei Proben, die das Licht ausschließlich gerichtet transmittieren, ist der Transmissionsgrad τ mit dem Grad der gerichteten Transmission τ_r identisch.

Der Grad der gerichteten Transmission kann bei nicht streuenden Proben durch Messung der Beleuchtungsstärke E_r mit der Probe im Strahlengang und E ohne Probe im Strahlengang gemessen werden, wobei der Empfänger zur Messung der Beleuchtungsstärke durch eine Punktlichtquelle aus genügend großem Abstand senkrecht beleuchtet wird. Dann ergibt sich:

$$\tau_r = \tau = E_r / E \quad (8)$$

Fremdlicht auf Probe und Empfänger ist zu vermeiden.

Die optische Wegverkürzung $\left(s \cdot \frac{n-1}{n}\right)$ durch die zu messende Probe der Dicke s ist zu berücksichtigen.

6.3.2 Messung bei streuenden Proben

Die Meßanordnung (siehe Bild 4) besteht aus einer Lichtquelle mit konstanter Leuchtdichte über eine kreisrunde Fläche mit einem Durchmesser von etwa 2 cm (Leuchtdichte-Normal) [3].

Eine derartige leuchtende Fläche kann mit Hilfe einer gut streuenden Trübglassfläche, die von einer Glühlampe mit hohem Lichtstrom beleuchtet wird, erzielt werden.

Die Probe wird senkrecht zum Lichteinfall in einem ausreichend großen Abstand von der Lichtquelle angeordnet. Unmittelbar hinter der Probe wird der Leuchtdichtemesser angebracht. Der Abstand zwischen Lichtquelle und Leuchtdichtemesser ist so zu wählen, daß das Bewertungsfeld des Leuchtdichtemessers von der Lichtquelle noch voll ausgeleuchtet wird.

Es ist zu beachten, daß besonders bei kleinen Bewertungsfeldern Leuchtdichtemesser auch außerhalb des angegebenen Raumwinkelbereichs noch empfindlich sein können. Ist das vom Leuchtdichtemesser bewertete Feld größer als die leuchtende Fläche, so wird die Messung ungenauer, weil mehr von der Probe gestreutes Licht bewertet wird.

Befindet sich die Probe im Strahlengang, so wird im allgemeinen das Bild der Lichtquelle nicht genau an der gleichen Stelle wie die Lichtquelle selbst liegen. Der Leuchtdichtemesser ist dann so auszurichten, daß der Meßwert ein Maximum erreicht. Das ist dann der Fall, wenn das Bild der Lichtquelle in der Mitte des bewerteten Feldes liegt.

Gemessen werden die folgenden Leuchtdichten

L_0 Lichtquellenleuchtdichte ohne Probe im Strahlengang

L Gesamtleuchtdichte der Probe

L_u Probenleuchtdichte bei Ausrichtung des Leuchtdichtemessers in Richtung auf einen Punkt neben dem Bild des Leuchtdichtenormals

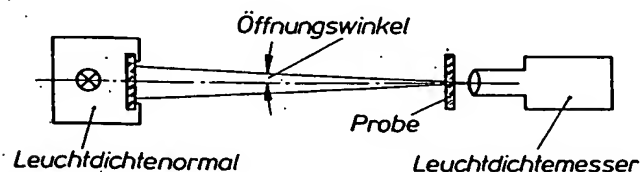


Bild 4. Meßaufbau für den Grad der gerichteten Transmission τ_r

Dann gilt mit im allgemeinen guter Näherung:

$$\tau_r = \frac{L - L_u}{L_0} \quad (9)$$

τ_r wird desto genauer bestimmt, je kleiner L_u wird. Zur Verbesserung der Meßgenauigkeit kann entsprechend der vorstehenden Gleichung τ_r als Funktion des Raumwinkels aufgetragen und auf $\Omega_b \rightarrow 0$ extrapoliert werden. Dabei ist Ω_b der beleuchtende Raumwinkel für die Probe.

7 Messung von Leuchtdichtefaktor β und Leuchtdichtekoeffizient q

Der Leuchtdichtefaktor β wird nach Bild 5 durch Messung der Leuchtdichte L der Probe und des Reflexionsnormals bzw. Transmissionsnormals L_N mit bekanntem Leuchtdichtefaktor β_N unter Beachtung und Angabe der Lichteinfall- und Beobachtungsrichtung bestimmt.

$$\beta = \frac{L}{L_N} \cdot \beta_N \quad (10)$$

In der Meßanordnung nach Bild 5 sollen die doppelten Aperturwinkel ($2 \cdot \sigma_1$ und $2 \cdot \sigma_2$) hinreichend klein sein. Dieses ist im Zweifelsfall anhand der Indikatrix der Probe zu entscheiden. Bei der Messung von Proben mit Volumestreueung muß — abweichend von Bild 5 — die beleuchtete Probenfläche wesentlich größer als die bewertete Probenfläche sein (siehe auch Abschnitt 4.1).

Der Leuchtdichtekoeffizient q kann ermittelt werden, wenn die Leuchtdichte L der Probe und die Beleuchtungsstärke E auf der Probe gemessen werden. Die vom Leuchtdichtemessgerät bewertete Fläche muß dabei kleiner als die beleuchtete Fläche sein.

Für die Farbmessung hat die CIE die folgenden drei Geometrien für die Messung des Leuchtdichtefaktors empfohlen (siehe DIN 5033 Teil 7 und [4]).

a) 45°/normal (abgekürzt: 45/0) (Leuchtdichtefaktor $\beta_{45/0}$):

Die Probe wird von einem oder mehreren Strahlenbündeln beleuchtet, deren Achsen unter einem Winkel von $45^\circ \pm 5^\circ$ gegen die Flächennormale auf die Probenoberfläche auftreffen. Der Winkel zwischen Beobachtungsrichtung und Flächennormale darf 10° nicht überschreiten. Der Aperturwinkel darf nicht größer als 5° sein. Dasselbe gilt auch für den Beobachtungsstrahlengang.

b) Normal/45° (abgekürzt: 0/45) (Leuchtdichtefaktor $\beta_{0/45}$):

Die Probe wird von einem Strahlenbündel beleuchtet, dessen Achse gegen die Flächennormale um höchstens 10° geneigt ist. Die Probe wird unter einem Winkel von $45^\circ \pm 5^\circ$ (gegen die Flächennormale gemessen) beobachtet. Der Aperturwinkel darf nicht größer als 5° sein. Dasselbe gilt auch für den Beobachtungsstrahlengang.

c) Diffus/normale (abgekürzt: d/0) (Leuchtdichtefaktor $\beta_{d/0}$):

Die Probe wird diffus mittels einer Ulbrichtschen Kugel beleuchtet. Der Winkel zwischen der Flächennormalen der Probe und der Achse des Beobachtungsstrahlenbündels darf 10° nicht überschreiten. Die Ulbrichtsche Kugel kann beliebigen Durchmesser haben, doch darf der Gesamtanteil aller Öffnungen nicht mehr als 10 % der Kugelinnenfläche ausmachen. Der Aperturwinkel darf nicht größer als 5° sein.

Anmerkung 1: Eigentlich müßte die Geometrie diffus/normale mit dif/0 abgekürzt werden. Bei der Angabe zweier Winkel für die Meßgeometrie wird hier aber nur die Abkürzung d benutzt, die mit dem einzeln stehenden d (für gerichtet) von DIN 5036 Teil 1 nicht verwechselt werden kann.

Anmerkung 2: Bei den für die Farbmessung zugelassenen Aperturwinkeln wird im allgemeinen nicht der Leuchtdichtefaktor, sondern der Reflexionsfaktor gemessen.

Anmerkung 3: Bei Messungen mit einer konisch/konischen Geometrie kann der Reflexionsfaktor größer als 1 werden, während der Reflexionsgrad immer kleiner als 1 ist. Für Farbmessungen, bei denen die Messung von Kennzahlen, die größer als 1 sind, unpraktisch sein können, wird die Messung des Reflexionsgrades empfohlen.

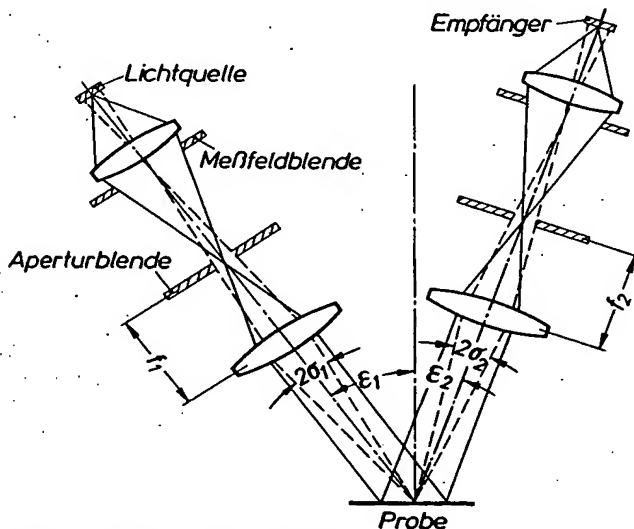


Bild 5. Beispiel einer möglichen Meßanordnung für β

8 Messung von Streuvermögen und Halbwertswinkel

Das Streuvermögen σ wird aus drei Leuchtdichten, der Halbwertswinkel γ mit Hilfe von zwei Leuchtdichten bei angenähert senkrechtem Lichteinfall unter Beachtung der entsprechenden Abstrahlungswinkel bestimmt. Durch Messungen bei wenigstens zwei verschiedenen Abständen zwischen Probe und Lichtquelle bzw. Photometer ist gegebenenfalls zu prüfen, daß das photometrische Entfernungsgesetz gilt.

9 Reflexionsnormal

Für die Messung des Reflexionsgrades ρ , des Leuchtdichtefaktors β , des Reflexionsfaktors R und des Reflektometerwertes R' wird ein Reflexionsnormal benötigt. Ein Reflexionsnormal soll vor allem eine ebene Oberfläche haben, das auffallende Licht möglichst gleichmäßig streuen und einen zeitlich möglichst konstanten Wert für die entsprechende lichttechnische Stoffkennzahl besitzen. Als Material für die Herstellung des Reflexionsnormal wird in DIN 5033 Teil 9 ein Bariumsulfat-Pulver, das unter der Bezeichnung „Bariumsulfat für Weißstandard DIN 5033“ in den Handel gebracht wird, empfohlen.

Für diesen Weißstandard wird vom Hersteller der spektrale Strahldichtefaktor $\beta_{d/0}(\lambda)$ bei diffusem Lichteinfall und senkrechter Beobachtung sowie der spektrale Strahldichtefaktor $\beta_{45/0}(\lambda)$ bei Lichteinfall unter 45° und senkrechter Beobachtung angegeben. Aus diesen Spektralwerten können die entsprechenden Leuchtdichtefaktoren für die vorgegebene Lichtart berechnet werden zu:

$$\beta = \frac{\int_0^\infty S_\lambda \cdot \beta(\lambda) \cdot V(\lambda) \cdot d\lambda}{\int_0^\infty S_\lambda \cdot V(\lambda) \cdot d\lambda} \quad (11)$$

S_λ Strahlungsfunktion der beleuchtenden Lichtart (siehe DIN 5033 Teil 1)

$\beta(\lambda)$ spektraler Strahldichtefaktor

$V(\lambda)$ spektraler Hellempfindlichkeitsgrad des menschlichen Auges für Tagessehen (siehe DIN 5031 Teil 3)

Der Zahlenwert des Leuchtdichtefaktors $\beta_{d/0}$ bei diffusem Lichteinfall und senkrechter Beobachtung ist identisch mit dem Zahlenwert des Reflexionsgrades ρ bei gerichtetem Lichteinfall. Es kann davon ausgegangen werden, daß der Reflexionsgrad bei gerichtetem Lichteinfall unter 8° (gemessen gegen die Flächennormale) mit dem Reflexionsgrad bei gerichtetem senkrechtem Lichteinfall beim Weißstandard meßtechnisch übereinstimmt.

Für Routinemessungen kann ein stabiles Arbeitsnormal verwendet werden. Ein solches Arbeitsnormal muß kein gleichmäßig streuendes Medium sein, aber es muß mit Hilfe eines etwa gleichmäßig streuenden Reflexionsnormal mit dem Meßgerät, bei dem es benutzt wird, kalibriert werden.

10 Transmissionsnormal

Für die Messung von τ , τ_d und τ_{dif} mit der Ulbrichtschen Kugel nach Abschnitt 4.1 ist kein Transmissionsnormal erforderlich.

Für die Messung von β bei Transmission wird im allgemeinen ein Reflexionsnormal (Weißstandard nach DIN 5033 Teil 9) nach Abschnitt 9 verwendet.

Für Routinemessungen kann ein stabiles Arbeitsnormal verwendet werden, das das auffallende Licht ohne gerichtete Transmission möglichst gut (Streuvermögen $\sigma \rightarrow 1$) und aselectiv streut. Eine vollständige Aselectivität ist jedoch bei keinem transmittierenden, gut streuenden Material vorhanden. Für praktische Zwecke eignet sich ein Trübgas oder eine getrübbte Kunststoffplatte als Arbeitsnormal.

Ein solches Arbeitsnormal muß kein gleichmäßig streuendes Medium sein, aber es muß mit Hilfe eines etwa gleichmäßig streuenden Reflexionsnormal mit dem Meßgerät, bei dem es benutzt wird, kalibriert werden.

11 Fehlerquellen

Die wichtigsten systematischen Meßfehler sind in den Abschnitten 11.1 bis 11.4 beschrieben.

11.1 Fehler der Photometer-Skala

Signifikante Fehler können durch Linearitätsfehler der Photometerskala entstehen, wenn nur der obere und der untere Endpunkt der Skala festgelegt werden.

Der obere Endpunkt der Skala wird bei Reflexionsmessungen durch die Wahl des verwendeten Reflexionsnormal festgelegt. Der untere Endpunkt sollte bei Reflexionsmessungen nicht durch Abdecken des beleuchtenden Lichtes, sondern durch die Anbringung einer Lichtfalle am Ort der Probe festgelegt werden.

Arbeitsnormale, wie Filter mit bekanntem Transmissionsgrad, oder Reflexionsnormale mit bekanntem Reflexionsfaktor, werden häufig zur Prüfung der Linearität der Photometer-Skala verwendet. Für eine genauere Prüfung sollte jedoch die Licht-Additivätsmethode angewendet werden.

11.2 Streulicht

Streulicht, das außer dem zu messenden Licht auftritt, wird meist durch unvollkommene oder schmutzige optische Flächen verursacht. Jede Meßanordnung sollte einzeln auf den Einfluß von Streulicht geprüft werden.

11.3 Fehler bei der Messung von lichtstreuenden Materialien

Die Messung des Transmissionsgrades und des Reflexionsgrades bei Materialien, die das Licht streuen, ist fast immer mit Fehlern behaftet. Diese Fehler sind im wesentlichen durch Lichtverluste oder durch den Probenrand bedingt. Die Meßwerte werden beeinflusst durch Einzelheiten wie die Apertur und ihr Verhältnis zur Größe der beleuchteten oder beobachteten Probenfläche. Auch bei stark getrübbten Proben, wie oft als Arbeitsnormal verwendetes Trübglass, treten diese Fehler auf.

11.4 Wellenlängen-, Spaltbreiten- und Falschlicht-Fehler

Bei Spektralmessungen ist dafür Sorge zu tragen, daß die Wellenlängenskala korrekt ist, der Einfluß der Spaltbreiten berücksichtigt wird und kein Falschlicht auftritt.

Über Bezugsquellen für geeignete Geräte gibt Auskunft: „DIN Bezugsquellen für normgerechte Erzeugnisse“ im DIN, Burggrafenstraße 4-10, 1000 Berlin 30.

Schrifttum

- [1] Strahlungsphysikalische und lichttechnische Stoffkennzahlen und deren Messung, Publikation CIE Nr 38 (TC-2.3) 1977
- [2] J. Krochmann, Über die Messung des Reflexionsgrades ρ_{dif} bei diffusem Lichteinfall, Optik 49 (1978) S. 453-463
- [3] J. Krochmann, Über die Messung des Grades der gerichteten Transmission (Reflexion), Optik 41 (1974) S. 410-420
- [4] Farbmessung; Offizielle Empfehlungen der Internationalen Beleuchtungskommission, Publikation CIE Nr 15 (E-3.1.1) 1971

Weitere Normen

- DIN 5031 Teil 3 Strahlungsphysik im optischen Bereich und Lichttechnik; Größen, Formelzeichen und Einheiten der Lichttechnik
- DIN 5032 Teil 1 Lichtmessung; Photometrische Verfahren
- DIN 5033 Teil 7 Farbmessung; Meßbedingungen für Körperfarben
- DIN 5033 Teil 9 Farbmessung; Weißstandard für Farbmessung der Photometrie
- DIN 67 507 (z. Z. noch Entwurf) Lichttransmissionsgrade, Strahlungstransmissionsgrade und Gesamtenergiedurchlaßgrade von Verglasungen

Übersetzungen von DIN-Normen

Manuskriptübersetzungen

Die in Kopie beigelegte Rohübersetzung wurde vom DIN-Sprachendienst nicht auf ihre Richtigkeit geprüft. Deshalb schließt das Deutsche Institut für Normung e.V. (DIN) ausdrücklich jegliche Haftung für deren Richtigkeit bzw. Vollständigkeit aus.

Translations of DIN-Standards

Typescript translations

The attached typescript translation has not been checked by DIN-Sprachendienst for its accuracy. Deutsches Institut für Normung e.V. (DIN) cannot, therefore, assume responsibility for its correctness or completeness.

On no account shall the translation be considered authorized by DIN.

Beuth Verlag GmbH Berlin • Wien • Zürich

Radiometric and photometric properties of materials	<u>DIN</u>
Methods of measurement for photometric and spectral radiometric characteristic factors	5036
	Part 3

DIN 5036 Radiometric and photometric properties of materials consists of the following Parts:

Part 1 Definitions, characteristic factors

Part 3 Methods of measurement for photometric and spectral radiometric characteristic numbers

Part 4 Classification

Supplement: Table of contents and list of key words

1 General

There are several methods of measurement in existence which apply to the various photometric and spectral characteristic numbers. Some of these methods are more accurate than others, some are more simple than others from the measurement technique aspect. In this Standard, an example of a relatively highly accurate method of measurement has been selected and described for each characteristic numbers. It should be noted however that the methods of measurement described here are not necessarily either the most accurate or the simplest in existence. Other methods of measurement may well be more accurate or more rapid to execute, or simpler in respect of the instrumentation or manipulation involved. All the methods can be used for spectral, general and photometric characteristic numbers. The preference given to a particular receiver sensitivity in the following text is due solely to the need for making things easier to understand.

Photometry Standards Committee (FNL) of DIN, German Standards Institute Inc.

Standards Committee on Cinematographic Technology for Films and Television (FAKI) of DIN

Photographic Technology Standards Committee (photonorm) of DIN

2 Kinds of reflection measurements

In principle, there are nine different measuring geometries for the reflection measurement (see Table 1). They consist of all possible combinations in respect of which the incident and the reflected radiation is either directional (quasi-parallel) or comprised within a solid angle of smaller or greater size (conical), or semi-infinite (hemispherical). The semi-infinite measurement methods can be carried out with the aid of the Ulbricht sphere.

3 Kinds of transmission measurement

Analogously to the reflection measurements (see Table 1) there are nine different measuring geometries for the transmission measurement.

Table 1. Values of 9 kinds of reflection measurement for the completely matt white material

Kind of measuring geometry	Magnitude measured	Formula symbol	Value for the completely matt white material
semi infinite/semi-infinite	Degree of reflection	ρ dif	1
semi-infinite/conical	Reflection factor	R dif	1
semi-infinite/directional	Radial intensity per unit area factor	β dif	1
conical/semi-infinite	Degree of reflection	ρ_k	1
conical/conical	Reflection factor	R_k	1
conical/directional	Radial intensity per unit area factor	β_k	1
directional/semi-infinite	Degree of reflection	ρ_g	1
directional/conical	Reflection factor	R_g	1
directional/directional	Radial intensity per unit area factor	β_g	1

dif diffuse incidence of radiation (with $2\sigma_1 = 180^\circ$)

- k (subscript) conical incidence of radiation, to be characterized by the magnitude and shape of the solid angle of the bundle and its orientation in relation to the normal of the test piece (angle ξ_1) ($0 \leq 2\sigma_1 \leq 180^\circ$)
- g(subscript) directional quasi-parallel incidence of radiation, to be characterized in the same way as k (with $2\sigma_1 \rightarrow 0$)
-

4 Measuring layouts with the Ulbricht sphere

4.1 Ulbricht sphere for the measurement of

$\rho, \rho_d, \tau, \tau_d$ and τ_{dif}

The measuring layout making use of an Ulbricht sphere described hereafter is suitable for the measurement of $\rho, \rho_d, \tau, \tau_d, \tau_{dif}$ (see DIN 5036 Part 1). If the measuring layout is only intended for the measurement of a single characteristic number, it can be simplified accordingly.

The Ulbricht sphere (see Figure 1) must be provided with 5 apertures, three of which, viz. the apertures 3, 4 and 5 must be capable of being closed (blanked off). In a further aperture, a diffusing lens must be mounted, with its inner face flush against the inner surface of the sphere, and the light-sensitive receiver shall be situated behind the diffusing lens (as a general rule, it shall consist of an Si photo cell adapted to $V(\lambda)$ together with the diffusing lens, or of a spectral photometer). The receiver shall be arranged as close as possible to aperture 1.

A small opaque blind (impervious to light) with as high as possible a degree of reflection shall be mounted between aperture 1 and the diffusing lens of the light-sensitive receiver in such a way that no direct light from a test piece in aperture 1 is able to fall upon the diffusing lens.

Aperture 2 is used either for the mounting of the test piece to be measured, or of a reflection normal, as desired. The location of aperture 2 can be selected as illustrated in Figure 1. Its precise positioning in the sphere may however deviate from the location illustrated.

Aperture 3 serves as the entry aperture for the light in the case of reflection measurements, and it is blanked off (closed) in the case of transmission measurements. Apertures 4 and 5 serve for the measurement of τ_d and ρ_d , and are blanked off in other cases.

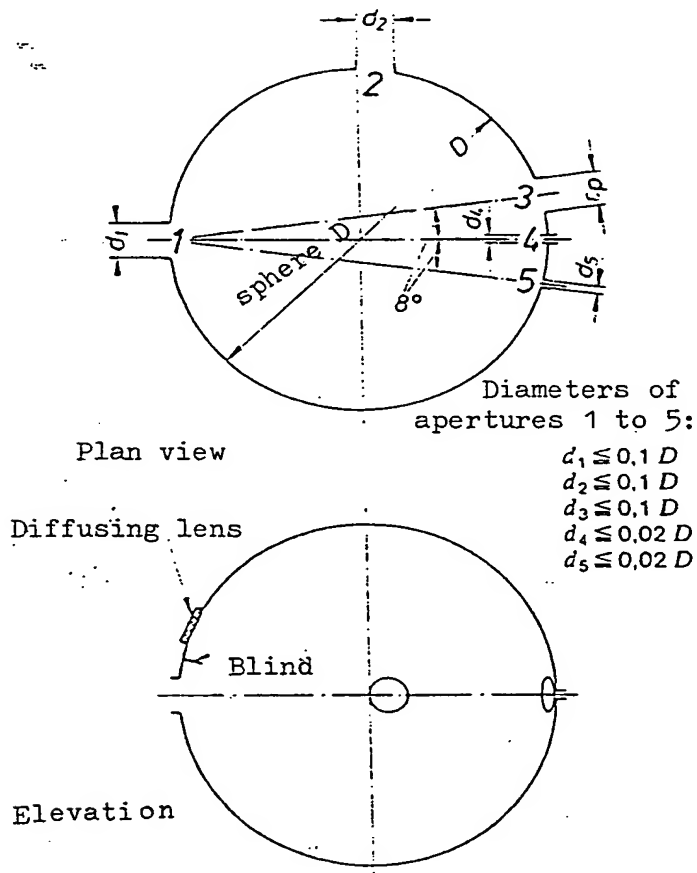


Figure 1. Ulbricht sphere for the measurement of ρ , ρ_d , τ , τ_d and τ_{dif} . In order to keep the errors caused by the apertures relatively small, the diameters d of the apertures should be small in relation to the diameter of the sphere D . Their sizes should not exceed the following values:

$D/10$ for apertures 1, 2 or 3

$D/50$ for apertures 4 and 5

The edges (rims) of the apertures should be as sharp-edged as possible, and should be white.

The aperture 1 or 2 respectively for the mounting of the test piece, and consequently the diameter of the sphere D should be large in relation to the surface structure and to the thickness of the test piece. In other respects, the diameter of the sphere can be selected arbitrarily.

Note: An aperture diameter of 15 cm will suffice for the measurement of ρ , ρ_d and τ_d of test pieces with volume dispersion or with surface dispersion on the side facing away from the sphere, up to a test piece thickness of 1 cm, if the area illuminated on the test piece has a diameter not exceeding 2 cm. Such a diameter of aperture 1 still appears acceptable to ensure an adequate degree of measurement accuracy on a sphere of $D = 50$ cm. In the case of thicker test pieces, it will become necessary to use a larger sphere with a correspondingly larger aperture 1.

The internal surface of the sphere should be as unselective as possible, with a degree of reflection $\rho \approx 0.8$ and it should reflect diffusely (see DIN 5032 Part 1).

The covers used to blank off the apertures 3, 4 and 5 must exhibit the same reflection properties as the wall of the sphere. During the measurements, care must be taken to ensure that no extraneous light from outside is able to penetrate inside the sphere through any open apertures of the sphere.

4.1.1 Illumination arrangement for the directional incidence of light for the measurement of ρ , ρ_d , τ , τ_d

For the measurement of the degrees of reflection ρ and ρ_d and of the degrees of transmission τ and τ_d for directional incidence of light, the illumination arrangement should be set up in such a way that a bundle of rays from a lamp (standard illuminant A) falls upon the aperture 1, and illuminates it uniformly with a diameter not exceeding 0.8 times the diameter d_1 of the aperture of the sphere. For reflection measurements with incidence of light through aperture 3, the diameter of the bundle of rays must be smaller than the diameter of aperture 3. The double aperture angle $2\sigma_1$ must however not exceed the values specified in clause 7 "Measurement of the luminance factor ρ and of the luminance coefficient q ".

For the measurement of ϱ_d and of ϱ_d , the diameter of the area illuminated in aperture 4 or 5 must not exceed 0.8 times the diameter of this aperture in the sphere, assuming that the test piece in aperture 1 is illuminated uniformly. Before commencement of the measurements, care should be taken to ensure that the optical axis of the illuminating device passes through the centre of the relevant apertures of the sphere in each case.

X In order to measure the degree of transmission τ of dispersive test pieces, the test piece should be illuminated uniformly with its large area orientated correctly. For this purpose, a lamp (standard illuminant A) must be placed in front of the test piece in aperture 1 at a distance greater than 5 times the area of the test piece to be illuminated. The size of the area of the test piece to be illuminated will depend on the thickness of the test piece. For a thickness of the test piece not exceeding 1 cm, it will suffice for a test piece of 20 cm diameter to be illuminated. In the case of thicker test pieces, the illuminated area of the test piece should be correspondingly larger.

4.1.2 Illumination arrangement for the diffuse incidence of light for the measurement of τ_{dif}

For the measurement of the degree of transmission τ_{dif} in the case of diffuse incidence of light, a sphere (or a hemisphere) can be used as illuminating device, which illuminates the test piece to be measured at the aperture 1 with a constant luminance in the semi-infinite space (half-space) on an area of adequate size (diameter 20 cm at least). A uniform luminance of the illuminating sphere (or hemisphere respectively) can be achieved by means of lamps arranged in the sphere and shaded against the illuminated surface of the test piece. Instead of this, the illumination of the illuminating sphere (or hemisphere respectively) can also be effected from outside, if a transparent (light-transmitting) dispersive material is used for the sphere, and if the intensity of illumination on the outer wall of the sphere is uniform.

Note: It should be borne in mind that the test piece itself or the outer wall of the measuring sphere can have an appreciable influence on the luminance of the illuminating device, under constant light flux from the lamps. The luminance should therefore be kept constant by suitable means.

4.2 Ulbricht sphere with illuminating device for diffuse incidence of light, for the measurement of ρ_{dif}

For the measurement of the degree of reflection ρ_{dif} for diffuse incidence of light (2), a sphere is used (see Fig.2) which is provided with an aperture 1 for the test piece, exhibiting a diameter of $D/2$ (D = diameter of the sphere). A diffusing lens is mounted in a further aperture 2 situated as close as possible to the aperture 1, with its inner face flush against the inner surface of the sphere, and a light-sensitive receiver is arranged behind the diffusing lens (see subclause 4.1). The diameter of the diffusing lens arranged in front of the receiver must not exceed $D/10$. A small opaque blind (impervious to light) with as high as possible a degree of reflection is provided to prevent any direct incidence of light from aperture 1 onto the diffusing lens of the receiver. The note at the foot of subclause 4.1 also applies to the characteristics of the wall of the sphere.

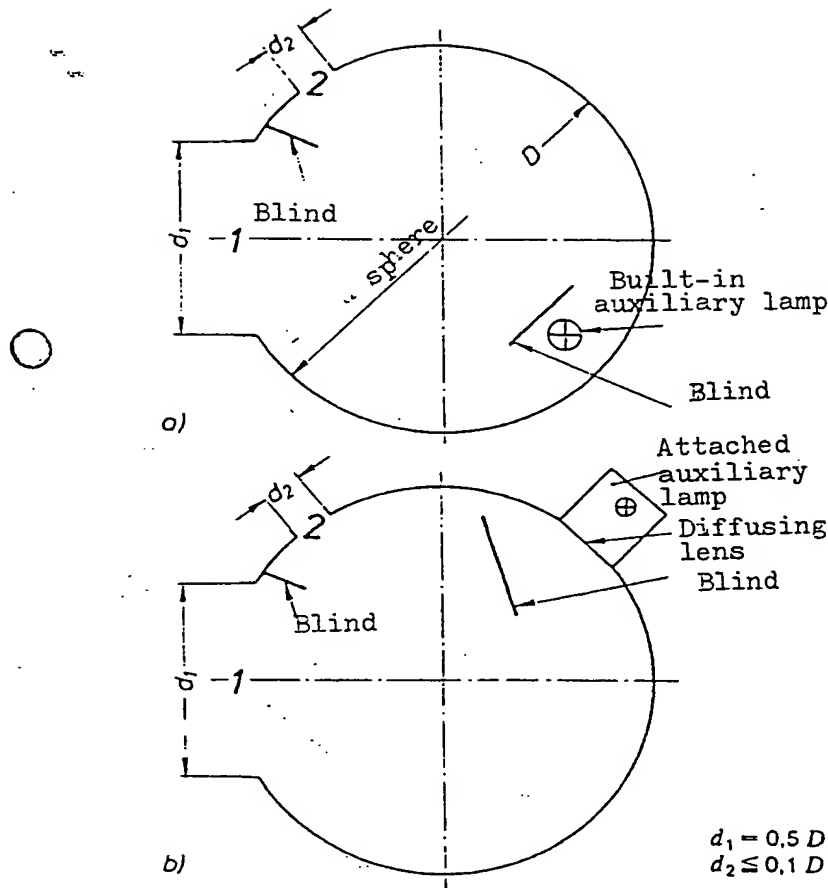


Figure 2. Ulbricht sphere for the measurement of \mathcal{L}_{dif}

An approximately uniform luminance of the inner wall of the sphere can be created either with the aid of an auxiliary lamp mounted inside the sphere (see Fig. 2a), or by illuminating a transparent (light-transmitting) diffusing lens mounted in the inner wall of the sphere (see Figure 2b). In this context, no direct light from the lamp or from the diffusing lens must fall upon the apertures 1 and 2. The type of light of the illuminating device must be specified, if it differs from the standard illuminant A.

5 Measurement of ρ , ρ_d , \mathcal{L}_{dif} , τ , τ_d , τ_{dif}

5.1 Measurement of the degree of reflection ρ

For the measurement of the degree of reflection ρ in the case of direction-

al or conical incidence of light, the test piece is placed in aperture 1 or 2 (see Figure 1) and the reflection normal necessary for the measurement (degree of reflection ρ_N) is placed in aperture 2 or 1 (see Table 2). The relative illumination intensities on the diffusing lens of the light-sensitive receiver are measured:

E_x for incidence of the light on the test piece in aperture 1 (reflection normal in aperture 2)

E_N for incidence of the light on the reflection normal at aperture 1 (test piece at aperture 2)

E_{streu} for incidence of the light onto the free aperture 1 (reflection normal at aperture 2)

$$\rho = \frac{E_x - E_{streu}}{E_N - E_{streu}} \rho_N \quad (1)$$

5.2 Measurement of the degree of diffuse reflection ρ_d

For the measurement of the degree of diffuse reflection ρ_d in the case of directional or conical incidence of the light, the test piece is placed successively in aperture 1 or 2 (see Figure 1), the reflection normal (degree of reflection ρ_N) in aperture 2 or 1, and an optically faultless mirror in aperture 1. The relative illumination intensities on the diffusing lens of the light-sensitive receiver are measured (see Table 2):

E_x for incidence of the light on the test piece at aperture 1 (reflection normal at aperture 2)

E_N for incidence of the light on the reflection normal at aperture 1 (test piece at aperture 2)

E_{streu} for incidence of the light onto the free aperture 1 (reflection normal at aperture 2)

E_{sp} for incidence of the light onto a mirror which is placed at aperture 1 in lieu of the test piece (reflection normal at aperture 2)

ρ degree of reflection of the test piece

ρ_N degree of reflection of the reflection normal

We then have:

$$\rho_d = \frac{E_x - E_{streu} - \rho(E_{sp} - E_{streu})}{E_N - E_{streu} - \rho_N(E_{sp} - E_{streu})} \rho_N \quad (2)$$

5.3 Measurement of the degree of reflection ρ_{dif}

For the measurement of the degree of reflection ρ_{dif} for diffuse incidence of the light, an Ulbricht sphere in accordance with subclause 4.2 is used (see Figure 2). The relative illumination intensities on the diffusing lens of the light-sensitive receiver are measured:

E_0 No test piece at aperture 1 ("black" aperture)

E_x Test piece at aperture 1

E_N Reflection normal at aperture 1 (degree of reflection $\rho_{dif N}$)

We then have:

$$\rho_{dif} = \frac{E_x - E_0}{E_N - E_0} \cdot \frac{E_N}{E_x} \cdot \rho_{dif N} \quad (3)$$

5.4 Measurement of the degree of transmission τ

For the measurement of the degree of transmission τ for a directional or a conical incidence of the light, the test piece is placed at aperture 1 or 2 (see Fig.1). The apertures 3, 4 and 5 are blanked off. In the case of test pieces which transmit directionally or diffusely, the aperture 1 is illuminated in each case by means of the arrangement described in subclause 4.1.1.

The relative illumination intensities on the diffusing lens of the light-sensitive receiver are measured (see Table 2):

E_x for incidence of the light on the test piece at aperture 1 (aperture 2 open)

E_0 for incidence of the light on the free aperture 1 (test piece at aperture 2)

We then have:

$$\tau = \frac{E_x}{E_0} \quad (4)$$

5.5 Measurement of the degree of diffuse transmission τ_d

For the measurement of the degree of diffuse transmission τ_d for directional or conical incidence of the light, the test piece is placed at aperture 1 or 2 (see Fig.1). Apertures 3 and 5 are closed, aperture 4 is open. Special steps must be taken to ensure that aperture 1 is large enough when measuring relatively thick dispersive test pieces (see note at foot of subclause 4.1). With the aid of the illuminating device (see subclause 4.1.1) the test piece is illuminated uniformly with as small a diameter as possible, and the aperture 4 is illuminated with a diameter not exceeding $0.8 d_4$.

The relative illumination intensities on the diffusing lens of the light-sensitive receiver are measured (see Table 2):

E_x for incidence of the light onto the test piece at aperture 1
(aperture 2 is open)

E_o for incidence of the light onto the free aperture 1 (test piece at aperture 2)

E_{streu} for incidence of the light through the free aperture 1 (test piece at aperture 2)

We then have:

$$\tau_d = \frac{E_x - \tau_o \cdot E_{streu}}{E_o - E_{streu}} \quad (5)$$

5.6 Measurement of the degree of transmission τ_{dif}

An illuminating device in accordance with subclause 4.1.1 is used for the measurement of the degree of transmission for diffuse incidence of the light.

For a measurement as described in subclause 5.4 we have:

$$\tau_{dif} = \frac{E_x}{E_o} \quad (6)$$

6 Measurement of the directional percentage in the case of reflection and transmission

6.1 Qualitative determination

A material is deemed to have a perceptibly directional transmission as far as its classification or grading is concerned (see DIN 5036 Part 4), if, at a distance of 40 cm between the observer and the test piece, a surface of 10 cm² lying 15 cm behind the test piece, and exhibiting a luminance of 10³ cd/m² approx. in the direction of the normal, and sharply delimited against the dark background, is only barely distinguishable in its contours. The test piece and the luminous surface must for this purpose lie at right angles to the line of vision. A similar definition also applies to the perceptibly directional reflection for an incidence of light of 8° approx.

In order to obtain a rough assessment, one can use a 60 W "pearl" light bulb operating at half its rated voltage and with a circular area of 10 cm² blanked out.

6.2 Measurement of the degree of directional reflection

6.2.1 Measurement on non-dispersive test pieces

In the case of test pieces which reflect the light directionally only, the degree of reflection ρ is identical with the degree of directional reflection ρ_r . In the case of test pieces of this kind, the degree of reflection can be measured with the aid of a device as illustrated in Fig. 3, instead of in the Ulbricht sphere. According to Fig. 3a, a light flux Φ_1 is measured with the auxiliary mirror in position A with no test piece, this light flux being proportional to the light flux falling upon the test piece. According to Fig. 3b, a light flux Φ_2 is measured with the auxiliary mirror in position B with the test piece, this light flux being proportional to the square of the degree of reflection ρ of the test piece.

$$\rho_r = \rho = \left[\frac{\Phi_2}{\Phi_1} \right]^{1/2} \quad (7)$$

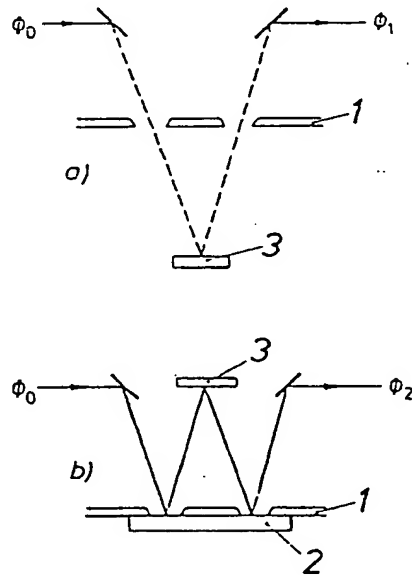
Note: This method is only meaningful in the case of measurements of test pieces with a high degree of reflection.

6.2.2 Measurement on dispersive test pieces

In the case of dispersive test pieces, the degree of directional reflection is determined in accordance with the procedure described in subclause 6.3.2.

The luminance L_o of the light source is measured via a good quality mirror with a known degree of reflection. For the measurement of L and of L_u , the test piece is substituted for the mirror.

Then ρ_r is calculated according to equation (7).



1 Test piece holder 2 Test piece 3 Auxiliary mirror

Figure 3. Measuring principle of the degree of directional reflection ρ_r

Table 2. Summary for the determination of ρ , ρ_d , τ , τ_d , and τ_{diff} with the aid of the Ulbricht sphere in accordance with Figure 1

Characteristic number	Formula symbol	Incidence of light through aperture	Occupancy of the apertures					Quantity measured	Formula for calculation	
			1	2	3	4	5			
Degree of reflection	ρ	3	P	N	-	+	+	$\frac{E_x}{E_N}$	$\rho = \frac{E_x - E_{strau}}{E_N - E_{strau}} \cdot \rho_N$	(1)
Degree of diffuse reflection	ρ_d	3	P	N	-	+	+	$\frac{E_x}{E_N}$	$\rho_d = \frac{E_x - E_{strau} \rho (E_{sp} - E_{strau})}{E_N - E_{strau} \rho_N (E_{sp} - E_{strau})} \rho_N$	(2)
Degree of transmission	τ	1	P	-	+	+	+	$\frac{E_x}{E_0}$	$\tau = \frac{E_x}{E_0}$	(4)
Degree of diffuse transmission	τ_d	1	P	-	+	+	+	$\frac{E_x}{E_0}$	$\tau_d = \frac{E_x - \tau \cdot E_{strau}}{E_0 - E_{strau}}$	(5)
Degree of transmission for diffuse light incidence	τ_{diff}	1	P	-	+	+	+	$\frac{E_x}{E_0}$	$\tau_{diff} = \frac{E_x}{E_0}$	(6)

Meaning of the symbols relating to the occupancy of the apertures:

P Test piece at the aperture

S Optically flawless mirror at the aperture

N Reflection normal at the aperture

A Illumination of the free aperture by an illuminating device

+ Aperture closed

- Aperture open, without any test piece or reflection normal

in accordance with subclause 4.1.1 with a diameter $\leq 0.8d$

6.3 Measurement of the degree of directional transmission τ_r

6.3.1 Measurement on non-dispersive test pieces

In the case of test pieces which transmit the light directionally only, the degree of transmission τ is identical with the degree of directional transmission τ_r .

The degree of directional transmission, in the case of non-dispersive test pieces, can be measured by means of the measurement of the illumination intensity E_τ with the test piece in the path of the rays, and E without any test piece in the path of the rays, with the receiver being illuminated perpendicularly by a point light source situated at a sufficiently great distance, for the measurement of the illumination intensity. We then have:

$$\tau_r = \tau = \frac{E_\tau}{E} \quad (8)$$

Any extraneous light on the test piece and on the receiver must be avoided. The optical path shortening ($s \cdot \frac{n-1}{n}$) through the test piece to be measured, of thickness s , must be taken into account.

6.3.2 Measurement on dispersive test pieces

The measuring device (see Fig. 4) consists of a light source with constant luminance over a circular area of a diameter of 2 cm approx. (luminance normal) (3).

A luminous surface of this kind can be achieved with the aid of a highly dispersive opal glass surface illuminated by an electric light bulb of high wattage.

The test piece is mounted at right angles to the direction of incidence of the light, at a sufficiently great distance from the light source. The luminance measuring device is arranged immediately behind the test piece. The distance between the light source and the luminance measuring device must be selected in such a way that the evaluation zone of the luminance measuring device is still fully illuminated by the light source.

It should be borne in mind that luminance measuring devices are capable of being sensitive outside the specified solid angle range as well, particularly in the case of small evaluation zones. If the zone evaluated by the luminance measuring device is larger than the luminous area, the measurement tends to become less accurate, because more of the light dispersed by the test piece is evaluated.

If the test piece is situated in the path of the rays, the image of the light source will not as a general rule lie exactly at the same spot as the light source itself. In this case, the luminance measuring device should be adjusted in such a way that the measured value attains a maximum. This will be the case when the image of the light source lies at the centre of the evaluated zone.

The following luminances are measured:

- L_o Luminance of the light source when no test piece is in the path of the rays
- L Total luminance of the test piece
- L_u Luminance of the test piece when the luminance measuring device is aligned (adjusted) onto one spot next to the image of the luminance normal

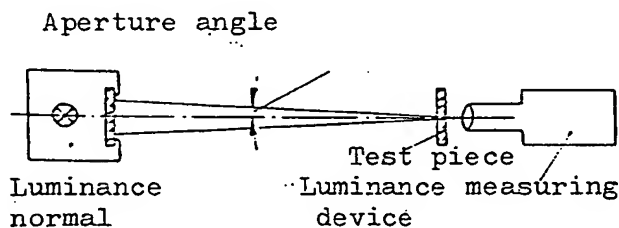


Fig.4 Measuring set-up for the measurement of the degree of directional transmission τ_r

Then the following relationship is valid, with a close degree of approximation in most cases:

$$\tau_r = \frac{L - L_u}{L_o} \quad (9)$$

The smaller L_u is, the closer is the approximation for τ_r . In order to improve the accuracy of measurement, τ_r can be plotted in function of the solid angle according to the above equation, and extrapolated to $\Omega_b \rightarrow 0$

Ω_b in this connection is the illuminating solid angle for the test piece.

7 Measurement of the luminance factor β and of the luminance coefficient q

The luminance factor β is determined in accordance with Fig.5 by means of the measurement of the luminance L of the test piece and of the reflection normal or transmission normal L_N respectively with a known luminance factor β_N , taking into consideration and specifying the direction of light incidence and the direction of observation.

$$\beta = \frac{L}{L_N} \cdot \beta_N \quad (10)$$

In the measuring set-up illustrated in Fig.5, the two double aperture angles ($2\sigma_1$ and $2\sigma_2$) must be sufficiently small. In case of doubt, this must be decided with the aid of the indicatrix of the test piece. When measuring test pieces with volume dispersion, the illuminated area of the test piece must be considerably larger than the evaluated area of the test piece, contrary to the set-up illustrated in Fig.5 (see also sub-clause 4.1).

The luminance coefficient q can be determined by measurement of the luminance L of the test piece and of the illumination intensity E on the test piece. The area evaluated by the luminance measuring device must in this case be smaller than the illuminated area.

The CIE have recommended the following three geometries for colorimetry, for the measurement of the luminance factor (see DIN 5033 Part 7 and (4)).

a) 45° /normal (abbreviation: 45/0) (luminance factor $\beta_{45/0}$):

The test piece is illuminated by one or more bundles of rays, the axes of which impinge on the surface of the test piece under an angle of $45^\circ \pm 5^\circ$ in relation to the normal to the surface. The angle between

the direction of observation and the normal to the surface must not exceed 10° . The aperture angle must not exceed 5° . The same also applies to the observation path of the rays.

b) Normal/ 45° (abbreviation: 0/45) (luminance factor $\hat{R}_{0/45}$):

The test piece is illuminated by a bundle of rays, the axis of which is inclined by 10° at the very most in relation to the normal to the surface. The test piece is observed at an angle of $45^\circ \pm 5^\circ$ (measured in relation to the normal to the surface). The aperture angle must not exceed 5° . The same also applies to the observation path of the rays.

c) Diffuse/normal (abbreviation: d/0) (luminance factor $\hat{R}_{d/0}$):

The test piece is illuminated diffusely by means of an Ulbricht sphere. The angle between the normal to the surface of the test piece and the axis of the observation bundle of rays must not exceed 10° . The Ulbricht sphere may have any desired diameter, but the total proportion of all the apertures must not amount to more than 10% of the internal area of the sphere. The aperture angle must not exceed 5° .

Note 1: In actual fact, the diffuse/normal geometry should be abbreviated dif/0. However when two angles for the measurement geometry are specified, the abbreviation d is used here, which is not likely to be confused with the symbol d standing on its own (signifying directional), used in DIN 5036 Part 1.

Note 2: In the case of the aperture angles authorized for colorimetry, the reflection factor is measured as a general rule, and not the luminance factor.

Note 3: In the case of measurements with a conical/conical geometry, the reflection factor may exceed 1 (unity), whilst the degree of reflection is always less than 1 (unity). In the case of colorimetry measurements in respect of which the measurement of characteristic factors exceeding 1 (unity) may prove impractical, the measurement of the degree of reflection is recommended.

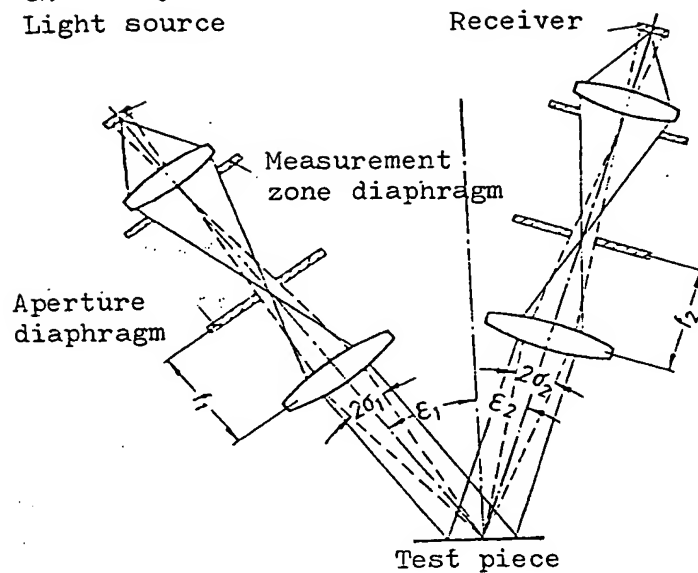


Fig.5 Example of a possible measuring set-up for β

8 Measurement of the dispersion power and of the half value angle

The dispersion power σ is determined from three luminances, the half value angle γ with the aid of two luminances at an approximately perpendicular incidence of the light, taking into account the corresponding reflected radiation angles. By means of measurements at two different distances at least between the test piece and the light source or the photometer, respectively, a verification must be made if necessary to determine whether the photometric distance law is valid.

9 Reflection normal

A reflection normal is required for the measurement of the degree of reflection ρ , of the luminance factor β , of the reflection factor R and of the reflectometer value R' . A reflection normal should first and foremost exhibit a flat and smooth surface, it should disperse the incident light as uniformly as possible, and it should possess a value which remains as constant as possible with the passage of time, in respect of the corresponding luminous characteristic factor of the material. A barium sulphate powder is recommended in DIN 5033 Part 9 as material for the manufacture

of the reflection normal; it is available commercially under the designation of "barium sulphate for white Standard DIN 5033".

The manufacturer will specify the radial intensity per unit area factor $\beta_{d/0}(\lambda)$ at diffuse incidence of the light and for perpendicular observation for this white standard, and also the spectral radial intensity per unit area factor $\beta_{45/0}(\lambda)$ for an incidence of the light at 45° and for perpendicular observation. From these spectral values, the corresponding luminance factors for the given illuminant can be calculated as follows:

$$\beta = \frac{\int_0^\infty S_\lambda \cdot \beta(\lambda) \cdot V(\lambda) \cdot d\lambda}{\int_0^\infty S_\lambda \cdot V(\lambda) \cdot d\lambda} \quad (11)$$

where:

S_λ is the radiation function of the illuminating illuminant (see DIN 5033 Part 1)

$\beta(\lambda)$ is the spectral radial intensity per unit area factor

$V(\lambda)$ is the spectral relative luminosity factor (spectral brightness sensitivity degree) of the human eye for photopic vision (see DIN 5031 Part 3)

The numerical value of the luminance factor $\beta_{d/0}$ for diffuse incidence of the light and perpendicular observation is identical with the numerical value of the degree of reflection ρ in the case of directional incidence of the light. One can start from the assumption that the degree of reflection for a directional incidence of the light of less than 8° (measured in relation to the normal to the surface) coincides, from the technical measurement point of view, with the degree of reflection for a directional perpendicular incidence of the light for the white standard.

A stable working normal can be used for routine measurements. Such a working normal need not be a uniformly dispersive medium, but it must be calibrated with the aid of an approximately uniformly dispersive reflection normal in relation to the measuring device with which it will be used.

10 Transmission normal

No transmission normal is required for the measurement of τ , τ_d and τ_{dif} by means of the Ulbricht sphere in accordance with subclause 4.1.

For the measurement of β in the case of transmission, a reflection normal is generally used, in accordance with clause 9 (white standard in accordance with DIN 5033 Part 9).

For routine measurements, a stable working normal can be employed, which is capable of dispersing the incident light as well as possible without directional transmission (scattering power $\sigma \rightarrow 1$) and non-selectively. Complete non-selectivity cannot however be found in any transmitting well-scattering material. For practical purposes, an opal glass or an opal plastic plate can be used as working normal.

Such a working normal need not be a uniformly dispersive medium, but it must be calibrated with the aid of ^{an} approximately uniformly dispersive reflection normal in relation to the measuring device with which it will be used.

11 Sources of error

The main systematic sources of error are described in subclauses 11.1 to 11.4 below.

11.1 Photometer graduation scale errors

Significant errors can occur as a result of linearity errors of the photometer graduation scale, if only the top and bottom end points of the scale are fixed.

The top end point of the scale is fixed, in the case of reflection measurements, by the choice of reflection normal used. The bottom end point, in the case of reflection measurements, should be fixed not by masking the illuminating light but by arranging a light trap at the location of the test piece.

Working normals such as filters with a known degree of transmission, or reflection normals with a known reflection factor, are often used for the

purpose of checking the linearity of the photometer graduation scale. However, the light additivity method should be used for the purpose of a more accurate check.

11.2 Stray light

Stray light which arises beyond the light to be measured is usually caused by imperfect or dirty optical surfaces. Each measuring set-up should be checked individually in respect of the influence of stray light.

11.3 Errors arising during the measurement of light-diffusing materials

The measurement of the degree of transmission and of the degree of reflection of materials which disperse the light is nearly always subject to errors. These errors are mainly due to light losses or to the edge of the test piece. The measurement values are affected by details such as the aperture and its relationship to the size of the illuminated or observed area of the test piece. Such errors also occur on highly clouded (opaque) test pieces, such as opal glass, which is frequently used as a working normal.

11.4 Wave length, apertural width and false light errors

In the case of spectral measurements, care must be taken to ensure that the wave length scale is correct, that the influence of the apertural widths has been taken into account, and that no false light arises.

Information on sources of supply of suitable instruments can be obtained from:

"DIN sources of supply of products conforming to the Standards", DIN, Burggrafenstrasse 4-10, 1000 Berlin 30.

Bibliography

- (1) Radiometric and photometric characteristic factors of materials and measurement thereof, CIE Publication No. 38(TC-2.3) 1977
- (2) J. Krochmann, Re. measurement of the degree of reflection ρ_{dif} for diffuse incidence of the light, Optik 49 (1978) pages 453-463
- (3) J. Krochmann, Re. measurement of the degree of directional trans-

mission (reflection), Optik 41 (1974), pages 410-420

- (4) Colorimetry; official recommendations of the international illumination commission, CIE Publication No.15 (E-3.1.1) 1971

Further Standards

- DIN 5031 Part 3 Radiometry in the optical range and photometry; magnitudes, formula symbols and units of photometry
- DIN 5032 Part 1 Photometry; photometric methods
- DIN 5033 Part 7 Colorimetry; measuring conditions for pigments
- DIN 5033 Part 9 Colorimetry; white standard for colour measurement in photometry
- DIN 67 507 (at present still in draft form) Degrees of light transmission, degrees of radiation transmission and degrees of total energy transmission of glazings

Strahlungsphysikalische und lichttechnische Eigenschaften von Materialien

Klasseneinteilung

DIN
5036
Teil 4

Radiometric and photometric properties of materials; classification

DIN 5036 Strahlungsphysikalische und lichttechnische Eigenschaften von Materialien umfaßt folgende Teile:

Teil 1 Begriffe, Kennzahlen (Folgeausgabe z. Z. noch Entwurf)

Teil 3 Meßverfahren (Folgeausgabe z. Z. noch Entwurf)

Teil 4 Klasseneinteilung

Beiblatt 1 Inhaltsverzeichnis und Stichwortverzeichnis

1 Merkleich gerichtete Transmission oder Reflexion

Ein Material hat eine merkleich gerichtete Transmission im Sinne der Einteilung, wenn bei einem Abstand von 40 cm des Beobachters von der Probe eine 15 cm hinter der Probe liegende Fläche von 10 cm², die in Richtung der Normalen eine Leuchtdichte von etwa 10³ cd/m² aufweist und gegen die dunkle Umgebung scharf abgegrenzt ist, in ihren Umrissen gerade noch erkannt werden kann. Probe und leuchtende Fläche sollen dabei senkrecht zur Blickrichtung liegen. Entsprechendes gilt auch für die merkleich gerichtete Reflexion bei einem Lichteinfall von etwa 8°.

Für die angenäherte Beurteilung kann eine mit der Hälfte der Nennspannung betriebene, innen weiß belegte Glühlampe für 60 W benutzt werden, aus der eine kreisförmige Fläche von 10 cm² auszublenden ist.

2 Lichttechnische Klasseneinteilung und Bezeichnung von Materialien

Nach lichttechnischen Gesichtspunkten werden Materialien wie folgt eingeteilt:

Hauptgruppe			Gruppe				Untergruppe		
Nr	Benennung	τ %	Nr	Streuung	σ	γ	Nr	gerichteter Anteil	Beispiele
1	Ausschließlich reflektierende Materialien	0	1.1	schwach	$\leq 0,4$	$\leq 27^\circ$	1.1.1	nicht merkleich	Reflexstoffe, Aluminium matt
							1.1.2	merkleich	Glas- und Metallspiegel, Reflexstoffe
			1.2	stark	$> 0,4$	$> 27^\circ$	1.2.1	nicht merkleich	Metallisierte Bildwände, Tapeten, matte Anstriche
							1.2.2	merkleich	Ölfarbenanstriche, Emaille, Lackanstriche
2	Schwach durchlassende, vorwiegend reflektierende Materialien ¹⁾	≤ 35	2.1	schwach	$\leq 0,4$	$\leq 27^\circ$	2.1.1	nicht merkleich	Textilien, Kunststoffe
							2.1.2	merkleich	durchlässige Spiegel
			2.2	stark	$> 0,4$	$> 27^\circ$	2.2.1	nicht merkleich	Dichte Gewebe (kleine Gewebeweite), Leuchtschirmpapier
							2.2.2	merkleich	Trübgeläser (Reflexionsgläser), Lasurlacke auf lichtdurchlässiger Unterlage, getrübte Kunststoffe
3	Stark durchlassende Materialien	> 35	3.1	schwach	$\leq 0,4$	$\leq 27^\circ$	3.1.1	nicht merkleich	Mattglas, Ornamentglas, Kunststoffe
							3.1.2	merkleich	Gewebe (große Gewebeweite), Cellophan, Klarglas
			3.2	stark	$> 0,4$	$> 27^\circ$	3.2.1	nicht merkleich	Trübgeläser (Transmissionsgläser), getrübte Kunststoffe
							3.2.2	merkleich	Trübgeläser, leicht getrübt

¹⁾ Schwach durchlassende Materialien mit kleinem Lichtreflexionsgrad sind wegen ihrer geringen Bedeutung außer Betracht gelassen.

Bezeichnung eines ausschließlich reflektierenden Materials, schwach streuend, mit merkleich gerichtetem Anteil (1.1.2):

Material DIN 5036 – 1.1.2

Normenausschuß Lichttechnik (FNL) im DIN Deutsches Institut für Normung e.V.

Frühere Ausgaben:

DIN 5036: 11.35

DIN 5036 Teil 4: 08.63, 04.70

Nachdruck, auch auszugsweise, nur mit Genehmigung des DIN Deutsches Institut für Normung e. V., Berlin, gestattet.

Änderung August 1977:

Titel geändert. Angabe der Leuchtdichte von Einheit sb auf cd/m² umgestellt, Bezeichnung aufgenommen.

Übersetzungen von DIN-Normen

Manuskriptübersetzungen

Die in Kopie beigefügte Rohübersetzung wurde vom DIN-Sprachendienst nicht auf ihre Richtigkeit geprüft. Deshalb schließt das Deutsche Institut für Normung e.V. (DIN) ausdrücklich jegliche Haftung für deren Richtigkeit bzw. Vollständigkeit aus.

Translations of DIN-Standards

Typescript translations

The attached typescript translation has not been checked by DIN-Sprachendienst for its accuracy. Deutsches Institut für Normung e.V. (DIN) cannot, therefore, assume responsibility for its correctness or completeness.

On no account shall the translation be considered authorized by DIN.

Beuth Verlag GmbH Berlin • Wien • Zürich

Radiometric and photometric properties of materials
Classification

DIN

5036

Part 4

DIN 5036 Radiometric and photometric properties of materials consists
of the following Parts:

Part 1 Definitions, characteristic factors (sequel edition at present
still in draft version)

Part 3 Methods of measurement (sequel edition at present still in draft
version)

Part 4 Classification

Supplement sheet 1 Table of contents and list of key words

1 Perceptibly directional transmission or reflection

A material is deemed to have a perceptibly directional transmission within the meaning of this classification if, at a distance of 40 cm between the observer and the test piece, a surface of 10 cm² lying 15 cm behind the test piece, and exhibiting a luminance of 10³ cd/m² approx. in the direction of the normal, and sharply delimited against the dark background, is only barely distinguishable in its contours. The test piece and the luminous surface must for this purpose lie at right angles to the line of vision. A similar definition also applies to the perceptibly directional reflection for an incidence of light of 8° approx.

In order to obtain an approximate assessment, one can use a 60 W "pearl" light bulb operating at half its rated voltage, and with a circular area of 10 cm² blanked out.

2 Photometric classification and designation of materials

From the photometric point of view, materials are classified as follows:

Photometry Standards Committee (FNL) of DIN, German Standards Institute
Inc.

Main group			Group				Subgroup		
Nr	Designation	%	Nr	Dispersion	σ	γ	Nr	Directional percentage	Examples
1	Solely reflecting materials	0	1.1	Weak	$\leq 0,4$	$\leq 27^\circ$	1.1.1	not perceptible	Retro-reflecting materials Dull (matt) aluminium
							1.1.2	perceptible	Glass and metal mirrors retro-reflecting materials
			1.2	Strong	$> 0,4$	$> 27^\circ$	1.2.1	not perceptible	Metallized projection screens, wall paper, dull coats of paint
							1.2.2	perceptible	Coats of oil paint, enamels coats of varnish
2	Weakly transmitting, mainly reflecting materials	≤ 35	2.1	Weak	$\leq 0,4$	$\leq 27^\circ$	2.1.1	not perceptible	Textiles, plastics
							2.1.2	perceptible	transparent mirrors
			2.2	Strong	$> 0,4$	$> 27^\circ$	2.2.1	not perceptible	Close-woven fabrics (very close weave) Lamp shade paper
							2.2.2	perceptible	Opal glass (reflection glass) transparent varnishes on light-transmitting base opaque plastics
3	Strongly transmitting materials	> 35	3.1	Weak	$\leq 0,4$	$\leq 27^\circ$	3.1.1	not perceptible	dull glass, ornamental glass, plastics
							3.1.2	perceptible	Woven fabrics (loose weave) cellophane, clear glass
			3.2	Strong	$> 0,4$	$> 27^\circ$	3.2.1	not perceptible	Opal glass (transmission glass, opaque plastics
							3.2.2	perceptible	Opal glass, slightly opaque

- 1) Weakly transmitting materials with a low light-reflectance degree have not been taken into consideration because of their relative unimportance

Designation of a solely reflecting material, weakly dispersive, with a perceptibly directional percentage (1.1.2):

Material DIN 5036 - 1.1.2